HAL open science

Acces et Diffusion des visiteurs sur les espaces naturels Modélisation et simulations prospectives

Fabrice Decoupigny

To cite this version:

Fabrice Decoupigny. Acces et Diffusion des visiteurs sur les espaces naturels Modélisation et simulations prospectives. Géographie. Université François Rabelais - Tours, 2000. Français. NNT : . tel-00445336

HAL Id: tel-00445336

https://theses.hal.science/tel-00445336v1

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.

Université François Rabelais – Tours

Centre d'Etudes Supérieures d'Aménagement

ACCES ET DIFFUSION DES VISITEURS SUR LES ESPACES NATURELS

MODELISATION ET SIMULATIONS PROSPECTIVES

FABRICE DECOUPIGNY

Thèse de Doctorat en Aménagement de l'espace et Urbanisme

Sous la direction de Monsieur le Professeur Philippe MATHIS

Soutenue publiquement à Tours le 15 décembre 2000

Jury :

M. le Professeur Jacques BEAUCHARD — Université Paris XII

M. le Professeur Claude GRASLAND — Université Paris VII – Rapporteur

M. le Professeur Maurice GOZE — Université Bordeaux III

M. le Professeur Claude LACOUR — Université Bordeaux IV – Rapporteur

M. le Professeur Philippe MATHIS — Université de Tours

"L'université n'entend donner aucune approbation ou improbation aux opinions émises dans les thèses ; ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs"

à sabine

C'est avec grand plaisir que je tiens à m'acquitter ici des dettes de reconnaissance contractées au long de cette recherche.

Qu'il me soit permis d'exprimer ma profonde gratitude envers mon directeur de thèse, Monsieur le Professeur Philippe Mathis, pour toute la confiance qu'il m'a accordée au cours de ces années d'accueil au Laboratoire du C.E.S.A.

Je tiens tout particulièrement à exprimer ma joie d'avoir partagé avec Sébastien et mon frère Christophe le temps passé au laboratoire. Leur gentillesse et leur générosité ont été d'un grand réconfort.

Mes pensées se tournent vers mes compagnons du laboratoire présents ou partis, pour la patience qu'ils ont su avoir à mon égard : Denis, Alain, Laurent, Jean Marc, Yann, François, Hervé, Kamal, Ossama. Ils ont su, par leurs apports, leurs expériences et leurs critiques me faire pleinement profiter d'un travail d'équipe.

Pour toutes les années d'études et d'enseignements passées au C.E.S.A. que je ne pourrai oublier, mes remerciements vont aussi à Monsieur le Professeur Gustave Vergneau, Directeur du C.E.S.A., qui a mis à ma disposition les conditions de travail nécessaires pour que la thèse s'achève. Que Monsieur le Professeur Bernard Leroi trouve ici ma reconnaissance pour m'avoir soutenu au cours des études menées sur les terres normandes et alsaciennes, ainsi que toute l'équipe des corps enseignant et administratif du C.E.S.A., particulièrement Pascale, Pascaline, Martine, Marie-Hélène, Anne et Pierrette pour leur bonne humeur.

Je remercie également Monsieur le Professeur Claude Lacour de m'avoir accueilli au S.E.D.E.R. de Bordeaux. A trois reprises, les séminaires se sont traduits par des critiques constructives qui m'ont fait progresser.

Et enfin, à tous mes amis qui ont su s'armer de patience, m'encourager, me soutenir et m'aider pendant ces années ...

SOMMAIRE

INTRODUCTION ____ *8*

PARTIE 1. LES DÉPLACEMENTS SUR LES ESPACES NATURELS ____ *17*

INTRODUCTION ____ **18**

CHAPITRE 1. DES VISITEURS ET DES ESPACES ____ **20**

Introduction ____ 20

Section 1. La consommation récréative des espaces considérés comme naturels ____ 21

Section 2. Les espaces de loisirs intégrés à l'espace urbain ____ 40

Conclusion ____ 62

CHAPITRE 2. ORGANISATION DES DÉPLACEMENTS SUR LES ESPACES NATURELS ____ **64**

Introduction ____ 64

Section 1. Des processus mal connus ____ 66

Section 2. Les niveaux d'organisation des déplacements ____ 82

Section 3. Le système de déplacement ____ 100

Conclusion ____ 114

CONCLUSION ____ **116**

PARTIE 2. FORMALISATION DES DÉPLACEMENTS ____ *118*

INTRODUCTION : QUE MODÈLISE-T-ON ? ET POURQUOI ? ____ **119**

CHAPITRE 1. POSITIONNEMENT DU MODÈLE FRED ____ **121**

Introduction ____ 121

Section 1. Choix du modèle théorique ____ 121

Section 2. Modèles de déplacements récréatifs ____ 131

Conclusion ____ 151

CHAPITRE 2. FONDEMENTS THÉORIQUES DU MODÈLE FRED ____ **153**

Introduction ____ 153

Section 1. Les facteurs de déplacements ____ 155

Section 2. Formalisation des interactions entre les trois éléments ____ 188

Conclusion ____ 198

CONCLUSION ____ **200**

PARTIE 3. MODÉLISATION DES DÉPLACEMENTS ____ *202*

INTRODUCTION ____ **203**

CHAPITRE 1. CONSTRUCTION DU MODÈLE FRED ____ **205**

Introduction 205
Section 1. Présentation du modèle 205
Section 2. Modélisation de la répartition des flux de visiteurs sur le graphe route 210
Section 3. Modélisation des déplacements pédestres sur le graphe sentier (module FREDpgs) 230
Conclusion 252

CHAPITRE 2. AJUSTEMENTS ET APPLICATIONS 254
Introduction 254
Section 1. Calibrage des indicateurs spatiaux des déplacements 255
Section 2. Analyse des contraintes spatiales de déplacements 266
Section 3. Applications 310
Conclusion 326

CONCLUSION : DOMAINE DE VALIDITÉ DU MODÈLE 329

CONCLUSION GÉNÉRALE 332

ANNEXES 340

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 368

TABLE DES TABLEAUX 389

TABLE DES FIGURES 391

TABLE DES MATIÈRES 394

INTRODUCTION

Un chargé d'études est penché sur son bureau. Il examine tour à tour une carte et un tableau de chiffres, et réfléchit sur le million de visiteurs qui fréquentent, durant la période estivale, le massif. Sa mission est terminée. On lui a demandé de mettre en place un observatoire des fréquentations touristiques. Si le document permet de dénombrer les véhicules sur les différents parkings et les promeneurs sur les milieux naturels, il ne donne aucune indication sur les processus d'accès et de diffusion des individus sur les espaces naturels. Et toujours cette question qui revient comme un leitmotiv : pourquoi ici et pas ailleurs ?

Depuis ces dernières années, nous avons pu observer une croissance des activités paratouristiques. Les populations résidentes consomment de plus en plus les équipements touristiques de leurs régions lors de leur temps libre et se mélangent aux populations de vacanciers. Les déplacements sur les espaces naturels ne peuvent plus être perçus comme une simple activité touristique que l'on consomme lors des vacances. Ils sont devenus si importants que l'on observe des phénomènes de saturation aussi bien sur les routes d'accès que sur les sites naturels.

Dès lors se pose la question de sa relation avec l'aménagement du territoire. La ressource touristique est considérée comme une "matière première" qui ne peut-être aménagée, vendue et consommée que sur place. C'est un produit économique soumis à des contraintes très fortes qui, de plus, peut répondre souvent à une autre exigence, l'unicité ; il n'existe qu'un Mont

Blanc, qu'un Cirque de Gavarnie. En plus d'être des produits uniques, ils sont localisés, non reproductibles, intransportables, difficilement transformables et fragiles (si l'on considère que les impacts des fréquentations peuvent nuire). C'est pour ces raisons que les rapports entre l'aménagement et l'économie du tourisme peuvent apparaître contradictoires voire conflictuels : d'un coté, nous avons des professionnels du tourisme qui tentent de tirer un bénéfice sur un produit dont ils ne maîtrisent pas la localisation, et, de l'autre, des aménageurs qui tentent de développer un potentiel territorial dont ils savent pertinemment qu'il existera toujours.

La dualité préservation - aménagement est actuellement au cœur des préoccupations des gestionnaires d'espaces naturels ; comment accueillir les consommateurs de temps libre tout en offrant un accueil de qualité et un espace naturel sécurisé et préservé ?

De manière générale, les atteintes à l'environnement ne sont pas obligatoirement causées par les aménagements, c'est le non respect des règles qui produit l'événement, "*c'est l'homme qui se conduit mal*" ainsi que l'affirme le Professeur Claude Lacour. L'aménagement répond à un besoin, et doit servir l'homme en ce sens qu'il doit lui fournir un mieux être. C'est aussi pour cela que nous n'opposerons pas le développement de la fréquentation des milieux naturels à sa protection. Si les citadins expriment le besoin de se rendre le week-end en campagne, il n'est alors pas question de limiter ce mouvement mais de le gérer au mieux afin que la prédation sur les milieux naturels soit minimisée.

In fine la question est simple, pourquoi avons nous tant de visiteurs sur tels ou tels espaces naturels ? et pour quoi faire ? Si les loisirs sur les espaces naturels sont souvent associés à un usage gratuit de l'espace public, ils ont toutefois des coûts économiques induits par les impacts environnementaux consécutifs aux pressions anthropiques.

Il faut bien avouer, qu'en matière d'aménagement et de gestion environnementale des espaces naturels, nous ne possédons pas de réelles informations sur les formes de pratiques récréatives. Dans ces conditions, comment peut-on évaluer les coûts des impacts écologiques si nous ne possédons pas d'information sur la localisation et le nombre réel et potentiel de visiteurs sur les sites naturels ?

Comment une collectivité peut-elle prévoir un programme pluriannuel d'investissement, si elle ne connaît pas le nombre de visiteurs susceptibles de visiter tel ou tel site ? D'une manière toute pragmatique, si l'on veut ouvrir un site à la fréquentation, combien de place de parkings

doit-on prévoir : 25, 50 ou 100 ? Le prix d'une place peut aller du simple au quadruple pour peu que l'on veuille faire un parking plus ou moins "paysager" et intégré au site, un simple jeu de panneaux d'information peut coûter plusieurs dizaines de milliers de francs. Doit-on rappeler que les sites naturels se trouvent justement sur des communes rurales, aux moyens financiers limités, un investissement de 50 000 francs représentent une somme importante.

Dans tout notre propos, lorsque nous parlons d'espaces naturels, nous entendons tout espace qui est hors de la ville, c'est-à-dire tout l'espace perçu par les visiteurs comme étant "naturel". C'est le territoire qui n'est pas colonisé par la ville. Placé en périphérie ou entre les villes, il apparaît de plus en plus comme un espace de détente et de loisir. On sait que les Français aiment à se promener sur ces espaces naturels lors de leurs loisirs, quotidiens, hebdomadaires ou saisonniers (vacances) mais on ne connaît pas les formes et les processus des déplacements, ou alors très peu, et encore moins leur nombre et leur répartition.

Par contre, on sait que ces déplacements ont des impacts certains sur les milieux naturels. Ils gravent des sillons, érodent, tassent, agressent et dégradent l'écosystème en modifiant l'équilibre fragile faune-flore. Mais notre sujet ne porte pas sur ce thème, notre principal objectif sera de déterminer les formes de déplacements des visiteurs sur les espaces naturels, sans pour autant différencier les touristes des excursionnistes.

Car, pour évaluer les impacts sur un espace, encore faut-il posséder des chiffres sur le nombre de visiteurs. Quand nous parlerons d'impacts, nous entendrons aussi pressions sur les milieux, car l'étude des impacts sur l'environnement relève d'une science, l'écologie, pour laquelle nous n'avons pas de compétences, et quand bien même nous en aurions, le travail de l'aménageur se limite à donner à l'écologue les chiffres clés de la fréquentation, le volume de visites et la localisation probable des flux en cas d'opération sur l'espace.

Tout notre travail va s'attacher à trouver un outil qui puisse aider et assister les gestionnaires des espaces naturels pour la mise en œuvre de leurs projets dans une optique de développement intégré à l'environnement. En effet, en fournissant des informations sur l'importance du nombre de visiteurs, leur localisation et leurs pressions potentielles sur les milieux naturels, il pourra intervenir en amont des opérations pour prendre en compte ces éléments.

Comme toute réflexion en recherche, et pour nous en aménagement, elle naît de l'insatisfaction d'une question qui n'a pas de réponse. Comment les individus se déplacent et se

répartissent sur les espaces naturels pour leurs pratiques récréatives ? Nous devons alors identifier les processus d'accès des visiteurs sur les espaces naturels, c'est-à-dire la répartition des visiteurs qui s'opère entre le domicile et les formes de pratiques récréatives de diffusion pédestre sur les milieux naturels, c'est-à-dire la manière dont les visiteurs se promènent dans la "nature".

Mais pour répondre à cette question très générale, nous avons besoin de connaître les éléments susceptibles de générer les déplacements sur les espaces naturels. Et puis il y a encore cette question, pour quoi faire ? En quoi, connaître les formes de déplacements des visiteurs sur un espace naturel peut aider un aménageur dans son travail ? En quoi cette question est-elle pertinente, tant pour le chercheur, que pour le praticien ?

Les déplacements vers et sur les espaces naturels sont soumis à un processus de choix, pourquoi ce site et pas un autre, et pourquoi ce massif et non pas le voisin ? Cette question ouvre sur l'attractivité des sites. Cette interrogation intéresse l'aménageur pour comprendre les déplacements des visiteurs.

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.

Ce plaisir se traduit sur l'espace par des pratiques récréatives spatiales. Elle s'expriment par des activités de promenade sur l'espace (VTT, marche à pied, équitation...), et dans ce cas il y diffusion spatiale, soit par des pratiques localisées d'une activité, et il y a alors occupation d'un élément de l'espace (escalade, table panoramique, parapente...).

L'objectif de ce travail est de définir les processus **d'accès** et de **diffusion** des **visiteurs** sur les **espaces naturels** afin de construire un **modèle** dont le but est de **simuler** les répartitions probables des visiteurs et d'offrir un outil global de mesure et de suivi des évolutions

quantitatives et qualitatives des déplacements et des fréquentations sur les espaces naturels, un outil destiné à l'aménageur. La démarche s'attache principalement à la détermination des processus de déplacements et de fréquentations sur les espaces naturels afin de construire un modèle de simulation cartographique d'accès et de diffusion des visiteurs sur les espaces naturels (logiciel FRED : FRéquentation Et Déplacement).

Pour cela nous allons montrer que l'espace récréatif est un espace fonctionnel structuré et organisé en un réseau hiérarchisé de sites. Il détermine une "offre" sur laquelle vont s'organiser les pratiques récréatives spatiales des visiteurs.

Nous appuierons notre travail sur une méthode qui analyse les formes de déplacements et de fréquentations sur les espaces naturels. La répartition des visiteurs s'articule autour de deux niveaux d'organisation des déplacements qui sont complémentaires et qui ne s'opposent nullement :

- les formes de déplacements d'accès aux sites sur un réseau d'accueil qui s'opèrent sur des échelles kilométriques,

- les formes de diffusion des visiteurs sur les espaces naturels qui se font sur une échelle métrique ou hectométrique.

La principale difficulté de l'évaluation des déplacements sur les espaces naturels consiste à intégrer une double échelle des déplacements en fonction des comportements liés aux trois facteurs de la fréquentation d'un site : une nature protégée qui offre un dépaysement, une nature aménagée et sécurisée et une accessibilité pédestre des curiosités naturelles. Cette double dimension est dépendante de deux processus de déplacement : un déplacement voiture sur un réseau d'accueil de sites puis un ou plusieurs déplacements pédestres sur des sites naturels.

Les deux niveaux d'observations ouvrent sur deux niveaux de réalités puis sur deux niveaux d'analyse : la nature des déplacements d'accès aux sites et la nature des diffusions sur les espaces naturels, c'est-à-dire les formes de pratiques récréatives de promenade sur les milieux naturels.

Le plan de la thèse s'articule en trois parties focalisées autour de trois questions qui cernent les éléments que nous devons déterminer :

- Comment les individus accèdent et se déplacent sur les espaces naturels et quels en sont les facteurs ?

- Quels sont les processus de diffusion des flux d'individus sur un espace, quelles formes prennent-ils ? Et peut-on identifier des invariants dans les processus de déplacements ?

- Peut-on modéliser ces processus afin d'élaborer un outil intelligible d'aide à la décision ?

Pour répondre à la dualité de l'analyse, nous avons à notre disposition plusieurs enquêtes et études de fréquentation qui vont nous permettre d'émettre des hypothèses sur les conditions des répartitions des visiteurs sur les espaces naturels.

Plusieurs études de fréquentations menées sur des espaces naturels servent de bases d'observations, certaines ont été réalisées par le CESA (PNR ballon des Vosges, PNR Normands, Pont du Gard) d'autres par des services des parc nationaux (Ecrins, Pyrenées) et toutes possèdent des informations sur les deux niveaux de déplacements sur les espaces naturels : le déplacement voiture d'accès au site et la diffusion pédestre sur les espaces naturels. Les bases de données concernant la fréquentation de ces espaces nous permettent d'analyser la répartition des visiteurs et d'émettre un certain nombre d'hypothèses sur la nature des processus de déplacements des individus sur les espaces naturels.

La première partie va s'attacher à montrer que les flux de visiteurs sur les espaces naturels sont le résultat d'un mélange de visiteurs, les vacanciers et les résidents qui fréquentent des espaces naturels communs.

A partir de différents résultats obtenus au cours des études de fréquentations, nous montrerons que les phénomènes de déplacements liés à des activités de loisirs de consommation d'espaces naturels peuvent être appréhendés, autrement que par les indicateurs touristiques classiques (nombre de nuitées, fonction touristique...). Le phénomène est beaucoup plus complexe qu'un simple déplacement hors de sa résidence, et est lié à une nouvelle façon de vivre son espace au quotidien.

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.

Après un premier constat sur les formes de fréquentations des espaces naturels, nous montrerons qu'il existe une mixité des visiteurs. Nous retrouvons sur les espaces naturels deux types de groupe d'individus, les vacanciers en séjours et les résidents en excursion journalière. Nous ne procéderons pas à une différenciation des populations en fonction de leur origine géographique et du type de séjour, mais en fonction de leurs pratiques récréatives sur les espaces naturels.

Nous adoptons cette approche, car nous avons constaté, lors des études de fréquentation qu'il n'existait pas de différence de diffusion sur les espaces naturels qui réponde à de tels critères. Nous avons plutôt observé des formes communes de pratiques récréatives sur les espaces naturels qui répondaient à des comportements communs de diffusion sur les milieux naturels et qui vont nous permettre de segmenter les populations de visiteurs en fonction des comportements de pratiques récréatives de diffusion. Quel que soit le type de visiteurs, résident ou vacancier, les déplacements s'inscrivent sur une durée bornée : la journée.

Dès lors, il devient important de lier les deux niveaux de déplacements parce qu'un changement ou une bifurcation dans un des deux déplacements peut avoir une incidence sur les formes de répartitions sur les sites et de diffusion sur les milieux naturels. Le temps de présence sur un site peut être à l'origine d'impacts totalement différents. En trois heures, le visiteurs possède potentiellement un champ de diffusion pédestre plus important qu'un visiteur qui ne reste que trois quart d'heure.

En fonction des hypothèses émises en première partie sur les formes de répartition, nous montrerons, dans une seconde partie, que les déplacements de visiteurs sur les espaces naturels peuvent être appréhendés sur les bases d'un système formé de trois éléments en interactions mutuelles :

- le site possédant une offre d'activité,
- le visiteur répondant à des comportements de diffusion sur l'espace,
- le réseau d'accueil composé de sites qui se répartissent selon une topologie.

A partir d'étude de cas sur la modélisation des processus de répartition sur un réseau d'accueil de sites et de diffusion pédestre sur les milieux naturels, nous déterminerons les processus

d'interaction entre les trois éléments dont l'objectif sera de développer ultérieurement une formalisation analytique.

A partir de l'analyse des processus de déplacements sur les espaces naturels et des fréquentations liées à des activités récréatives, nous construirons un modèle spatial de simulations des déplacements. Il s'agit ici d'étudier les déplacements récréatifs sous une dimension spatiale à deux niveaux d'organisation et de voir si il existe un moyen d'évaluer quantitativement, à partir d'indicateurs, la répartition spatiale des déplacements liée à des activités récréatives de l'espace naturel, essentiellement la diffusion pédestre.

Selon l'hypothèse que l'espace prédétermine ou oriente un certain nombre de comportements de pratiques récréatives spatiales, 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. L'espace récréatif considéré est alors un espace d'accueil structuré en un réseau qui offre une accessibilité à un ensemble de sites qui forme une entité géographique d'accueil contenu dans un territoire.

Ces deux niveaux d'analyse de déplacement intégré, oblige alors de concevoir un modèle qui prenne en compte les deux déplacements dans les choix des sites à visiter. En effet, le choix du site se fera en fonction de la capacité du site à offrir aux visiteurs une ouverture sur un espace naturel qui permet de pratiquer une activité et de sa position relative dans le réseau d'accueil.

Toute la difficulté de la modélisation tient à ce qu'il faut trouver des variables, des indices et des paramètres susceptibles d'être mis en relation afin de calculer les probabilités de répartition des flux de visiteurs sur un espace qui prennent en compte les éléments attractifs d'un site naturel en fonction de comportements qui traduisent des pratiques de récréation observées. Cette difficulté s'en trouve d'autant plus renforcée qu'il est nécessaire d'intégrer deux processus de déplacement sur deux échelles différentes. Le premier s'opère sur le choix d'un lieu à visiter dans un ensemble de sites reliés entre eux par un réseau, espace d'accueil. Le second processus est lié à la façon dont les individus consomment l'espace lorsqu'ils quittent leur voiture, c'est-à-dire la façon dont des groupes d'individus se répartissent sur l'espace naturel et le type de déplacement pédestre qu'ils pratiquent.

Si ces deux processus sont distincts dans le temps et l'espace car ils s'opèrent sur des modes de transport et des réseaux différents (voiture/route et promenades/sentiers), ils restent

indissociables l'un de l'autre. Pour se promener dans une forêt ou sur une montagne, il faut se déplacer pour accéder aux sites. Si le déplacement est trop long, la promenade peut être écourtée, si l'espace naturel est proche, il existe la possibilité de rester plus longtemps sur le site ou dans le cas contrainte de pouvoir se déplacer sur d'autres sites pour les visiter.

Nous montrerons que la modélisation des répartitions des visiteurs sur un réseau d'accueil peut être appréhendée sur les bases d'un modèle d'interactions spatiales de type gravitaire. La construction du modèle se fera par la modélisation des contraintes spatiales qui interviennent lors des déplacements et qui sont le résultat des interactions entre nos trois éléments constitutifs de notre système de déplacement.

Vous construirons dans un premier temps un modèle général d'accès des flux de visiteurs aux sites qui modélisent les conditions des répartitions des visiteurs sur les sites. L'objectif de ces premiers calculs sera d'évaluer les probabilités de fixation des populations de visiteurs sur les parkings d'accès aux espaces naturels en tenant compte de la morphologie du réseau d'accueil et des comportements de diffusion des visiteurs sur les espaces naturels.

Un second module de calcul sera développé et consistera sur la base d'un automate cellulaire à simuler les formes de diffusion pédestre des visiteurs sur les milieux naturels, l'objectif de ces calculs sera de déterminer la localisation potentielle des pressions anthropiques sur les espaces naturels.

Dans une dernière partie, nous traduisons en langage informatique la formalisation analytique des interactions que nous avons développée et nous montrerons qu'il est possible de déterminer à partir des contraintes spatiales, la nature des attractivités récréatives des sites naturels et de simuler les pressions potentielles des fréquentations de visiteurs sur les milieux naturels en ayant modélisé des processus de déplacements d'individus sur les milieux naturels.

Partie 1.

LES DEPLACEMENTS SUR LES ESPACES NATURELS

INTRODUCTION

Le phénomène touristique s'est accompagné de nouveaux types de déplacement dont l'ampleur a été négligée tant en quantité de visiteurs que dans l'impact qu'ils ont eu sur le territoire. S'il est établi que la France est le premier pays touristique dans le monde, il ne faut pas oublier d'y ajouter les déplacements liés aux loisirs de proximité et force est de constater que nous possédons peu de renseignements sur les pratiques récréatives des Français lors de leurs temps libres et particulièrement en ce qui concerne les activités pratiquées sur les espaces naturels.

Le phénomène touristique n'est pas à relativiser, mais plutôt à compléter. Nous assistons depuis quelques années à une hausse conséquente des sites visités alors que certains indicateurs touristiques ne rendent pas compte de ce phénomène.

Cette augmentation des fréquentations sur les milieux naturels semble liée à des phénomènes plus structurels que conjoncturels. La croissance des fréquentations sur des espaces considérés comme naturels est liée à des changements de style de vie qui accordent de plus en plus d'importance aux temps libres. Ces activités se développent sur des territoires périphériques des villes sous le vocable de loisirs périurbains.

Les fréquentations induites vont engendrer des impacts, jusqu'à réorganiser l'espace autour des villes en créant des espaces naturels de détente qui vont de plus en plus s'intégrer à un ensemble territorial. La ville redécouvre sa campagne environnante son territoire, lui attribue une nouvelle fonctionnalité de récréation et transforme une partie de celui-ci en espaces récréatifs. Ce n'est pas l'ensemble des espaces ruraux qui est concerné par ce phénomène mais bien ceux qui se localisent aux abords des agglomérations.

Il ne s'agit plus d'étudier des déplacements liés aux vacances mais des mouvements de populations d'un espace vers un autre. Dès lors on change de problématique, en traitant non plus de tourisme mais en élargissant le sujet aux déplacements récréatifs des populations vers et sur des espaces naturels. Il est alors plus opportun d'aborder les phénomènes de déplacements liés à la consommation récréative comme des migrations alternantes sans faire de distinction entre vacanciers et résidents.

Nous nous interrogerons sur la mixité des types de visiteurs (vacanciers et résidents) et nous aborderons les problèmes méthodologiques en supposant que les vacanciers en séjours peuvent être considérés comme des résidents temporaires. Cette assimilation semble a priori possible car les deux populations se retrouvent sur les mêmes sites et utilisent leur voiture pour se rendre sur les espaces naturels.

A partir des observations que l'on a menées sur les Vosges et en Normandie, complétées par des données issues d'autres espaces - parcs nationaux et pont du Gard - nous décomposons les déplacements en deux types, l'accessibilité voiture sur un réseau d'accueil récréatif et la diffusion pédestre des visiteurs sur les milieux naturels. Nous allons montrer que les processus de déplacement sont des processus complexes qui peuvent être appréhendés en identifiant trois éléments qui interagissent entre eux et qui induisent différentes formes de pratiques récréatives sur les espaces naturels : le visiteur, le lieu et le réseau.

Chapitre 1. DES VISITEURS ET DES ESPACES

Introduction

A l'origine, le tourisme est, au XVIIIième siècle, un voyage initiatique de plusieurs mois en Europe, "the tour", que pratiquaient les jeunes anglais de bonne famille, et qui les intronisait dans la société aristocratique anglaise. Durant le XIXième et XXième siècle, la pratique du tourisme s'étend à toute la classe dirigeante, une activité confidentielle dans une Europe où la classe ouvrière s'échine au travail. Il est associé à un style de vie oisif, on part en villégiature, et va développer les premiers centres touristiques ; en été sur la côte normande et en hiver, sur la côte d'azur.

Depuis le milieu du XXième siècle, ce tourisme élitiste change radicalement de forme. Il devient irrémédiablement lié au travail : les congés payés. Dès lors, le tourisme devient un phénomène de la société industrielle de l'époque, engendre des migrations de masse, ouvre de nouveaux débouchés économiques et marque l'espace de zones de concentration de touristes. C'est le temps des grandes vacances et du plein emploi, des onze mois de travail et d'attente, on différencie les "juilletistes" et les "aoûtiens". C'est le mois de la libération du travail, un temps libéré qui va alors s'associer, depuis ces 30 dernières années, au temps libre. Car un changement fondamental intervient depuis cette période, phénomène lié au passage à la société post industrielle, la perception et le rôle du travail changent de nature. De la croissance du niveau de vie, de la baisse du temps de travail, on traite davantage de cadre et de style de vie, on parle alors de loisir, et ce temps libéré du travail, il faut bien l'occuper à quelque chose.

Si les Parisiens roulent au ralenti sur l'autoroute dès Orléans pour rentrer sur Paris lors des grands week-ends de mai, les Bordelais connaissent aussi la saturation de leurs axes routiers lorsqu'ils rentrent d'une journée passée sur le bord du bassin d'Arcachon ou de l'Océan. Il est indéniable que la fréquentation des sites touristiques est en constante progression ces dernières années, et qu'elle n'est pas uniquement le fait de vacanciers.

Un problème de définition évident existe sur les notions liées aux activités de tourisme et de loisirs et par extension aux individus qui pratiquent ces dites activités. Les divergences sur ces définitions entraînent des conséquences certaines sur le territoire tant au niveau des impacts

engendrés sur les milieux naturels que sur l'organisation de l'espace et la mise en œuvre des politiques publiques de développement touristique. En effet, ces définitions ignorent les pratiques récréatives locales dont l'importance est considérable et qui ne peuvent être classées dans le terme tourisme.

Si ces définitions avaient leur pertinence il y a quelques années, aujourd'hui il faut se rendre à l'évidence : elles sont obsolètes. Le développement des transports et les changements de mode de vie font qu'il est nécessaire de redéfinir certains termes. Il est difficile de définir ce qu'est le touriste, aussi, revenons dans un premier temps à une notion plus neutre, celle du visiteur comme étant un individu ou un groupe d'individus qui se déplace sur un espace plus ou moins éloigné de sa résidence principale (ou de vacances) à des fins de récréation pour voir ou faire quelque chose pendant un temps plus ou moins long dans une journée.

Section 1. La consommation récréative des espaces considérés comme naturels

A. Problème de définition

1). Tourisme, un concept ambigu

Pour l'Organisation Mondiale du Tourisme (OMT), le tourisme comprend "*les activités déployées par les personnes au cours de leurs voyages et de leurs séjours dans les lieux situés en dehors de leur environnement habituel à des fins de loisirs, pour affaires et autres motifs.*". La définition de l'OMT est vague, mais elle ne rend pas compte des changements de mode de vie intervenus ces dernières années. Autre problème, le touriste peut aussi bien être un représentant de commerce, un pélerin, qu'un vacancier. Si cette assimilation peut avoir une pertinence économique car ces types de populations vont peut-être consommer les mêmes types de biens et de services (transports, restauration, hôtel...), les activités récréatives et professionnelles auront des impacts différents sur l'espace.

Ce qui ressort lorsque l'on aborde une problématique liée au tourisme, c'est le passage obligatoire à la définition du loisir. De plus, comme l'indique R. Knafou[1], il n'y a pas de travaux approfondis sur le fondement du tourisme en tant qu'activité humaine. On attribue alors au mot tourisme des substantifs qui lui permettent de se définir au travers d'activités

[1] Knafou (R.), "*Une approche géographique du tourisme*", l'Espace géographique, n°3, 1997. pp 193 – 204.

spécifiques : tourisme de proximité, de masse, de montagne, balnéaire, sportif, d'affaire, religieux. L'ambiguïté véhiculée par le tourisme réside dans sa définition même. Ce qui paraît le plus étonnant dans sa définition, est l'absence du terme d'agrément, ce qui fait que la distinction entre tourisme et loisir passe par une notion de plaisir et entraîne alors un débat entre ces deux notions.

Si le tourisme, pour J.L. Michaud, à l'origine était une pratique sociale, aujourd'hui "*il regroupe l'ensemble des activités de production et de consommation auxquelles donnent lieu les déplacements assortis d'une nuit au moins passée hors du domicile habituel, que le motif du voyage soit l'agrément, les affaires, la santé (thermalisme, thalassothérapie) ou la participation à une réunion professionnelle, sportive ou religieuse, etc..[ ] Le loisir comprend l'ensemble des pratiques sociales situées pendant les temps libres et répondant à une motivation principale d'agrément que celle-ci soit d'ordre culturel, sportif, récréatif....*"[2].

Tout le monde voit midi à sa porte, "o*n peut donc en première approche définir le tourisme comme l'ensemble des activités destinées à satisfaire les besoins des touristes, et l'industrie touristique comme l'ensemble des entreprises faisant commerce de ces activités*"[3]. Pour un banquier, C. Jacob directeur à Parisbas, il n'existe pas d'ambiguïté*, "le tourisme est une tentative de maîtrise et de traitement des flux de migration par une offre de produits pouvant comprendre un hébergement, un transport et des activités.*"[4]. Avec de telles façons d'aborder le problème du tourisme, il est tout à fait normal de ne voir dans cette activité qu'une masse de consommateurs que l'on va tenter de satisfaire en leur proposant un bien économique localisé. Le tourisme est avant tout dans ce cas, un phénomène économique[5].

Le tourisme est passé du statut de pratique sociale à un bien ou à un service marchand lié au voyage. La définition, telle qu'elle est faite va engendrer des problèmes d'évaluation car on va alors confondre les genres. Rappelons que pour évaluer le nombre d'emplois touristiques, on intègre les emplois de la restauration, des bars et cafés. Et si, comme le considère l'OMT, un produit touristique est un bien ou un service consommé par un touriste, qui consomme quoi, où et comment, on arrive rapidement à "des usines à gaz". Ces types d'indicateurs n'ont pas la même signification que l'on soit à Saint Tropez ou dans une grande ville universitaire festive du type Montpellier ou Rennes. Si, dans ces cas, la différenciation est aisée, elle l'est beaucoup moins pour Paris. Doit-on dans ce cas compter ces emplois comme liés au tourisme ou à une

---

[2] Michaud Jean-Luc, "*Le tourisme face à l'environnement*", PUF, le géographe, Paris 1983, p18.
[3] Spizzichino (R.), "*Les marchands du bonheur*", Dunod, Paris, 1991. p 12.
[4] *Ibid.* - p. 11
[5] Py (P.),."*Le tourisme. Un phénomène économique*", Les études de la Documentation française, Paris, 1992 - 156 p.

activité urbaine de loisirs, une pratique sociale d'urbanité ou une activité liée à un service aux entreprises (déjeuner pris dans un bistrot et payables par chèques restaurant) ?

Le tourisme est un concept vague sinon mal défini pour un aménageur. Comment doit-il l'aborder ? Sous quel paradigme, celui de la géographie humaine parce qu'il y a déplacement de population sur un espace, ou celui de l'économie parce que c'est un bien de production et de consommation ? On retrouve, ici, la problématique inhérente à bien d'autres objets qui possèdent la double dimension sociale et marchande à laquelle l'aménageur doit faire face, par exemple, le logement comme bien économique ou l'habitat comme dimension sociale d'une occupation territoriale.

Car toute la difficulté de l'analyse du tourisme passe obligatoirement par la résolution de contradictions et de paradoxes, engendrés entre le caractère déterminé d'un produit marchand et celui d'une pratique sociale.

Ceci nous amène à définir les termes utilisés dans le cadre de notre travail, une redéfinition en fonction du caractère de loisir, donc de la notion d'agrément, du déplacement ce qui introduit alors inéluctablement les notions différentes de temps et d'espace relatives aux notions de quotidienneté et de proximité. Nous aborderons le problème sous un postulat relativement simple : une quantité de visiteurs qui se déplace à des fins de loisirs sur un espace pendant un certain laps de temps et qui va se répartir de façon à visiter (ou non) des lieux bien déterminés sur le territoire.

Si tourisme et loisir sont tous deux des activités, nous pensons que ne traiter que de l'activité touristique serait réductrice. Réductrice, car l'activité touristique est une activité économique liée à la consommation de loisir, si ce n'est pas le cas, elle est analysée comme telle. Elle ne renseigne pas ou peu sur les formes de pratiques récréatives spatiales que peuvent engendrer ces activités sur le territoire (type de sites, pratiques, durée de déplacement). Réductrice, car le tourisme est un type de loisir, lié aux congés, bien déterminé et localisé dans le temps. Les loisirs impliquent, quant à eux, toutes activités d'agrément liées à un cadre de vie. Ils peuvent être un facteur important de transformation de l'espace, de localisation résidentielle et indirectement de développement économique (héliotropisme du sud ou "effet côte ouest" de l'Atlantique) qui bénéficie à certaines agglomérations (Nice, Nantes, Angers, Toulouse, Montpellier).

Le loisir, ou les loisirs, extension d'un style de vie possèdent, quant à eux, une dimension

sociale que n'a pas le tourisme (extension de l'activité de loisir sur une durée de temps - les vacances - suite à un voyage). Par provocation, nous pourrions dire que le tourisme produit des services consommables qui ont pour supermarché, un territoire.

Nous considérons que la différence entre tourisme et loisir réside dans la dimension spatio-temporelle dans laquelle s'inscrivent les deux activités. Finalement ce n'est pas tant de formuler une définition mais de définir les unités associées aux échelles spatio-temporelles de ces déplacements, espace local ou non, quotidien, hors quotidien.

2). Tourisme ou loisir : une différenciation difficile

Nous vivons dans une société qui, dit-on, s'ouvre aux loisirs. Qu'entend-on par loisirs? Ce sont avant tout des pratiques individuelles ou familiales qui consomment du temps libre[6] allant de la collection de timbres, à la balade en passant par le shopping, ce temps libre étant finalement du temps libéré sur le temps de travail. Revenons à notre sujet, en nous intéressant seulement aux loisirs, dits de proximité, liés à la consommation des espaces naturels et à leurs impacts sur le territoire.

Depuis quelques années, on assiste à une révision totale des définitions liées au concept de tourisme et de loisirs. On a glissé d'une nuit passée hors de son domicile à plusieurs nuits ; parallèlement la distance n'apparaît plus comme une variable d'état. D. Pearce[7], dès son introduction, insiste sur cette difficulté à définir ce qu'est le tourisme, "*le phénomène touristique constitue une des extrémités d'un large spectre des loisirs. Du point de vue géographique, la différence fondamentale entre le tourisme et les autres formes d'activités de loisirs [...] réside dans le facteur voyage*". G. Cazes[8] considère que le déplacement est "*la variable discriminante essentielle*", et sépare le tourisme international du national "*au delà de 24 heures de présence sur un sol étranger, un visiteur est considéré comme touriste quelles que soient ses motivations, hormis le travail régulier (et comme excursionniste si son passage n'excède pas un jour) ; au plan national, au contraire, seuls sont considérés comme touristiques (ou vacanciers) les déplacements de plus de quatre jours motivés par le loisir ou la visite aux proches*"[9].

Les loisirs de proximité se définissent, souvent en négatif, par rapport aux vacances, en

---

[6] C'est-à-dire un temps discrétionnaire sur lequel on peut exercer un choix quant à son utilisation.
[7] Pearce (D.), "*Géographie du tourisme.*", Nathan, coll. Fac Géographie, Paris, 1987 .p.5.
[8] Cazes (G.), "*Fondements pour une géographie du tourisme et des loisirs*", Amphi Géographie, Bréal, Paris, 1992. p. 6.
[9] Cazes (G.), "*Le tourisme dans le monde*", *in* Encyclopédie de géographie , sous la dir. A. Bailly, R. Ferras et D. Pumain, Economica, Paris, 1992. p. 840

fonction d'une durée passée hors de sa résidence principale. Pour J. M. Dewailly[10], la différence vient du temps et de la distance, "*les loisirs, dans le langage courant, se distingue des vacances par une durée et / ou un temps, donc d'une distance de déplacement, plus réduit, pouvant toutefois inclure quelques nuits passées hors de chez soi : la limite de quatre nuits, à partir de laquelle on parle de vacances peut être retenue*".

L'autre différence entre loisirs et vacances se définit aussi par la fréquence des départs, les vacances sont soit annuelles, semestrielles ou trimestrielles[11] alors que les loisirs s'inscrivent dans le quotidien ou l'hebdomadaire. On distingue alors les loisirs de proximité comme des déplacements dans un faible rayon de la résidence principale, "*selon le temps disponible, la pratique des loisirs de proximité est susceptible de se dérouler à l'intérieur d'un espace dont l'accessibilité varie en fonction du réseau routier et des conditions de circulation*"[12].

Cette différenciation est aussi partagée par R. Knafou[13] qui spécifie, par rapport à un lieu de vie, les déplacements de loisirs au quotidien associés à un espace local ou régional et ceux qui sont liés au hors quotidien pour les déplacements touristiques affiliés à un espace national et ou international.

Si les déplacements liés aux loisirs de proximité apparaissent, comme le souligne J. P. Lozato – Giotart[14], être un "ersatz de tourisme", il n'en reste pas moins qu'ils sont vecteur de flux gargantuesques. Les onze millions de visiteurs à l'année sur la Forêt de Fontainebleau ont quant à eux un impact certain sur le territoire, d'autant plus important qu'ils sont concentrés sur les temps de loisirs week-end des franciliens. G. Cazes[15] est plus nuancé en affirmant que le tourisme ne peut pas être réduit à une composante du loisir.

Si la distinction entre loisir et tourisme apparaît difficile, c'est que l'on essaye de comparer deux concepts qui ne sont pas analysés par les mêmes champs. Le loisir, temps libéré sur le temps de travail, lié à la civilisation post-industrielle est analysé selon des paradigmes sociologiques alors que l'activité touristique est considérée comme étant un produit ou un service offert à des consommateurs.

---

[10] Dewailly, (J.M.), "*Tourisme et aménagement en Europe du Nord*", Masson, coll. Géographie, Paris, 1990. p19
[11] Généralement pour les français qui prennent des vacances, il faut compter au plus quatre départs voire cinq dans une année civile.
[12] Dewailly, (J.M.), "*Tourisme et aménagement ...,* op. cit. p. 20.
[13] Knafou (R.), "*Turbulences et confusions*", in *Tourisme et loisirs*, coll. Atlas de France, vol.7, GIP Reclus, la Documentation Française, Paris, 1997. p.11.
[14] Lozato – Giotart (J.P.), "*Géographie du tourisme*", Masson géographie, quatrième édition, Paris, 1993. p. 125
[15] Cazes (G.), "*Fondements pour* ... op cit.

F. Deprest[16], en parlant du tourisme de masse, fait remarquer qu'on ne le différencie pas d'une activité commerciale, "*le tourisme de masse n'est donc qu'une expression de cette société : un mode de production et de commercialisation du voyage qualifié "d'industrie" touristique. [...] Le lieu touristique disparaît au profit de la destination entendue comme "produit touristique"*." Quel que soit l'attribut qu'on lui donne, le tourisme apparaît être une notion difficilement définissable tant cette activité est dépendante de bien d'autres facteurs que ceux définis par L'OMT.

P. George[17] différencie les loisirs, faits de sociétés associés à un "cadre de vie", et les vacances, une activité touristique liée à des faits économiques. *"L'accumulation de la population dans des professions occupant la main-d'œuvre à l'usine, dans les magasins ou dans des bureaux crée des types particuliers de relations entre population et espace. La vie de la population se projette sur l'espace en trois phases différentes : celles du travail, de l'habitation et des loisirs (environnement). Les populations des pays d'économie industrielle sont en mouvement permanent, sur des distances relativement courtes : mobilité quotidienne, migrations alternantes de main-d'œuvre, migrations hebdomadaires des loisirs. Seuls les déplacements correspondant aux vacances sortent en partie du cadre régional ou national pour obéir à de grandes poussées suscitées par la mode, la spéculation et la publicité."*

H. Lefebvre aborde le problème, et, par une approche spatiale, différencie les besoins des désirs en y associant des espaces différenciés. Il distingue un espace de production sur lequel il existe une offre : un espace de consommation, strictement quantifié, lié aux besoins de loisirs et un espace improductif lié au désir d'une consommation d'un espace. Il relève ainsi une contradiction "quantité - qualité" de l'espace, elle " *ne se définit pas par opposition (binaire) mais par un mouvement à trois termes : de l'espace de la consommation à la consommation de l'espace par les loisirs et dans l'espace loisirs, ou encore du quotidien au non quotidien, à travers la fête (jouée ou non, simulée ou authentique), du travail au non travail à travers la mise en suspens et en question (mi fictive mi réelle) du labeur*"[18].

Toute la difficulté de l'évaluation des déplacements liés à la consommation des espaces naturels va tenir dans cette contradiction entre une consommation de besoins (hébergements, produits touristiques) et une "consommation" d'un espace lié au plaisir, sur lequel se dérouleront les différentes activités de loisirs.

Illustrons notre propos par l'exemple d'un individu qui décide de faire une promenade en

---

[16] Deprest (F.), "*Enquête sur le tourisme de masse, l'écologie face au territoire*", Belin, Mappemonde, Paris, 1997.
[17] George (P.), "*Géographie de la population*", in CD rom Encyclopédie Universalis, vol 19, p. 719.
[18] Lefebvre (H.), " *Production de l'espace*", Anthropos,4 ième édition, p. 409

VTT. Le choix du circuit dépendra de deux éléments, les types d'équipements, les divers services disponibles pour ses besoins (voie cyclable en site propre, pistes forestières, loueur de cycles...) existant sur l'espace de consommation et le type d'espace qu'il veut consommer (le long d'un cours d'eau, en montagne, dans un bois...) en fonction de ses désirs et de ses capacités sportives.

Ces deux espaces sont différenciés car ils sont perçus et vécus différemment par deux types de groupes d'individus. D'un coté, nous avons des investisseurs ou des porteurs de projets qui tentent de tirer un revenu du temps libre des individus en leur offrant des services et, de l'autre coté, des individus qui se répartissent sur "*un espace où le désir pourrait se déployer : la plage, le lieu de la fête, le lieu de rêve.*"[19].

On peut aussi voir l'éternelle articulation entre l'offre et la demande. Les priorités et les objectifs que possèdent les agents, selon que l'on soit aménageur ou professionnel du tourisme, induiront des analyses et des méthodes différentes quant aux moyens d'offrir besoins et plaisirs aux visiteurs.

Mais la distinction entre tourisme et loisir réside aussi dans le facteur déplacement[20]. Une première réponse peut être apportée par J.M. Dewailly et E. Flament, en affirmant que ces types d'activités peuvent être appréhendées sous forme de déplacements d'individus vers des lieux attractifs, "*il s'agit donc "d'attractions" qui transforment un espace neutre en espace d'accueil*"[21] en fonction d'un besoin lié à des notions de plaisirs attachées à des activités de "nature" ou culturelles[22].

B. La "consommation" récréative des espaces naturels

1). Des masses en déplacement

60 à 70 millions de touristes étrangers par an, depuis ces dernières années, visitent le territoire national sans oublier les 178 millions de séjours que les français se sont offerts (dont 9.5 % à l'étranger). Ces chiffres ne sont que la partie immergée d'un iceberg. En effet, il ne faut pas

---

[19] *Ibid.* - p 409
[20] Pearce (D.), "*Géographie du tourisme ...,* op. cit.
[21] Dewailly (J.M.), Flament (E.), "*Géographie du tourisme et des loisirs*", Dossier des images économiques du monde, Sedes, Paris, 1993. p. 79
[22] On parle aujourd'hui de patrimoine naturel, le mot culturel n'est plus à prendre au sens strict, *" la distinction entre "naturel" et "culturel", quoique traditionnelle n'est pas adaptée à la problématique touristique. On y prend en effet habituellement le mot "culture" au sens étroit des "beaux-arts" (ou activités qui s'en rapprochent), plutôt qu'au sens large de l'ensemble des structures*

oublier d'additionner les fréquentations liées aux populations locales qui consomment aussi les territoires touristiques lors de leurs loisirs ou de leurs temps libres : les excursionnistes. Les enquêtes aux frontières ont évalué ces dernières années environ 84 millions d'entrées d'excursionnistes sur le territoire national. Si nous possédons des chiffres sur nos voisins, nous n'avons pas de chiffres précis concernant cette activité chez les français.

a). Mixité des visiteurs

Nous ne nous étendrons pas sur les chiffres pharaoniques des fréquentations touristiques, quelques tableaux et cartes suffisent à dresser l'ampleur du phénomène touristique en France ou dans d'autres pays tels que l'Espagne, l'Italie ou les Etats-unis[23]. Le document de référence si ce n'est le plus pertinent est l'atlas touristique de l'équipe "Mobilités, Itinéraires et Territoires" (MIT)[24], qui à travers une cartographie détaillée et complète fait une radioscopie du tourisme en France.

Le principal vecteur d'augmentation des flux de visiteurs sur les espaces naturels, ces dernières années, a été la consommation de ces espaces par des populations dites locales qui les ont intégrés dans leur espace loisir.

Le comportement touristique des Français, plus largement des Européens, s'est transformé. Finies les vacances de quatre semaines, finis les "juilletistes" et les "aoûtiens", on part une semaine par ci, une semaine par là, à la découverte des provinces françaises. On allonge les week–end, et on part le dimanche à la campagne. Plusieurs éléments laissent penser que la tendance actuelle est à une consommation croissante des équipements à l'origine conçus pour les touristes, que l'on définit aujourd'hui, comme des activités paratouristiques.

Les chiffres sur l'augmentation du produit de la consommation touristique intérieure entre 1980 et 1992[25], sont expressifs. Nous avons connu une hausse de 158 % accompagnée, pour la même période, d'une croissance de 17 % du nombre de nuitées[26]. Mais expliquer que cette croissance du produit intérieur est seulement le fait des vacanciers étrangers[27] n'est pas suffisant.

---

qui caractérise un groupe social ", *Ibid.* - p. 85

[23] Nous renvoyons le lecteur sur la multitude de documents qui existent sur le sujet édités par le Secrétariat d'état au tourisme et diverses institutions (observatoires du tourisme nationaux et régionaux...)

[24] Knafou (R.), "*Tourisme et loisirs*", coll. Atlas de France, vol.7, GIP Reclus, la Documentation Française, Paris, 1997. 126 p.

[25] *Ibid.* - p. 33

L'explication nous apparaît encore plus incomplète lorsque l'on constate que les taux de départ des Français en vacances depuis 1980 sont restés relativement stables[28]. En résumé, l'augmentation des arrivées de touristes étrangers et du taux de départs en vacances des Français ne représentent pas des quantités suffisantes pour expliquer cette hausse de 158 %. Cela représenterait environ pour chaque touriste le doublement de ses dépenses, ce que ne montrent pas les études faites sur la consommation des produits touristiques.

La société des loisirs se développe, mais en même temps, la localisation sur le territoire et la répartition, dans le temps, des activités et des visiteurs révèlent les disparités déjà existantes. On observe en définitive, des régions urbaines qui apparaissent être les plus touristiques (cf. carte figure 1b sur les emplois touristiques, page 30). Cette carte est à l'image du territoire national : une diagonale du vide et des régions urbaines de France qui concentrent les salariés.

Le dernier grand constat national sur les espaces naturels, remontant au Dixième Plan (1989-1992)[29], a bien mis en évidence une croissance de la consommation des loisirs sur les espaces naturels "*liés au phénomène des migrations périodiques dues au mal-être urbain et au système de congés scolaires*"[30], mais aussi à l'attrait des espaces naturels de qualité.

Une enquête[31] réalisée en 1997 par le ministère de la culture et de la communication, révèle des ordres de grandeurs sur certaines pratiques.

Sur 100 personnes	*Jamais*	*1/2*	*3/4*	*5/9*	*10/14*	*15 et plus*
Part des départs en week-end	*54*	*16*	*11*	*7*	*6*	*6*

Tableau 1: Départ des Français en week-end au cours des douze derniers mois

Ces chiffres laissent supposer de très forts mouvements de populations lors des week-ends. Pour une année, on peut estimer entre 138 et 198 millions le nombre de sorties week-end. Mais l'enquête en question ne nous donne aucune information sur les pratiques des Français lors de ces déplacements. Le tableau, ci-dessous, décrit des activités pratiquées par les français et montre un attrait des promenades sur des espaces naturels.

---

26 *Ibid.* - tableaux p.16.
27 *Ibid.* - Tableau 7.2.2 p.33.
28 Les taux de départ des Français en vacances passent de 55% en 1980 à 60 % en 1994.
29 Commissariat général du Plan, "*Les espaces naturels, un capital pour l'avenir*", rapport du groupe prospective présidé par Henry Jouve. La France, l'Europe – Xième Plan 1989 – 1992. La Documentation Française, Paris,1991. 352 p.
30 *Ibid.* - p. 161.
31 Donnat (O.), "*Les pratiques culturelles des français, enquête 1997*", Département des Etudes et Prospectives, Ministère de la culture et de la communication, la documentation française, Paris, 1998. 357p.

Figure 1-a : Les sites et les lieux les plus visités de France en 1991

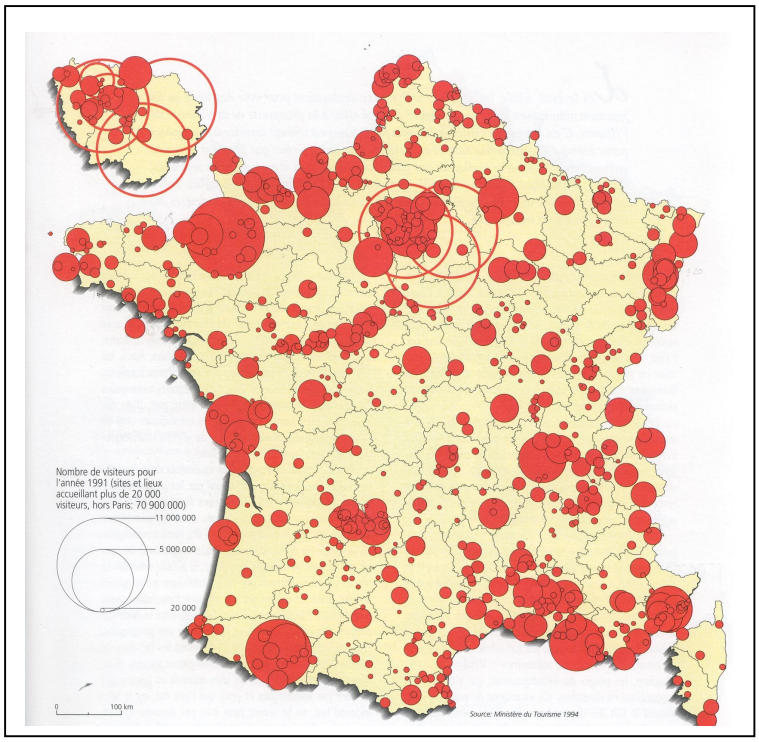


Figure 1-b : Les salariés du tourisme en 1992 et leur évolution depuis 1982

Source : Cartes extraites de l'ouvrage "Tourisme et loisirs", Atlas de France, Reclus, la Documentation Française. 1997

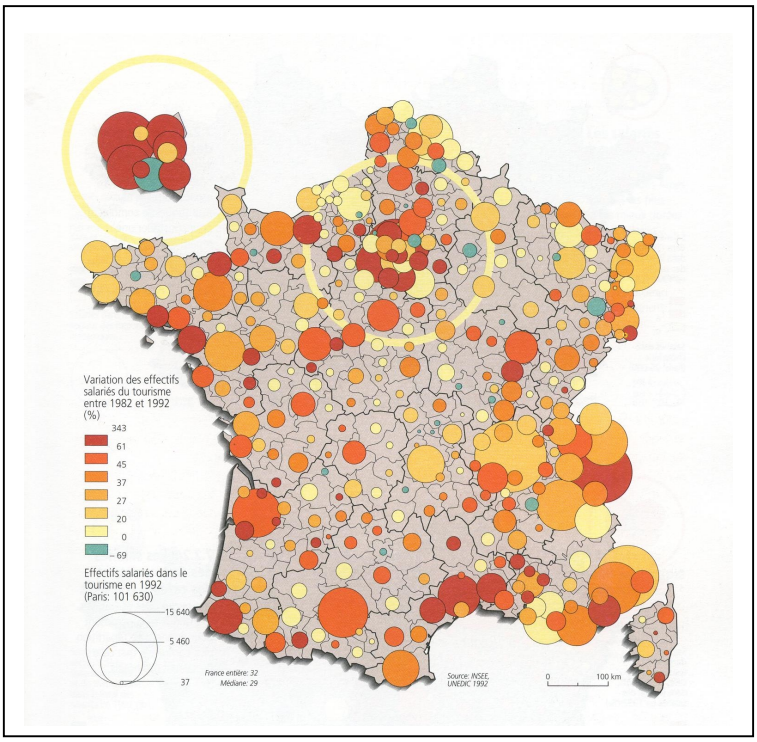


Figure 1 : Une photographie du tourisme en France

	Se promener sur un espace vert		*Faire une randonnée à pied ou à vélo*		*Faire du yoga ou de la relaxation*	
Sur 100 personnes	*Ont pratiqué*	*Dont régulièrement*	*Ont pratiqué*	*Dont régulièrement*	*Ont pratiqué*	*Dont régulièrement*
Part des activités	*70*	*30*	*34*	*11*	*4*	*3*

Tableau 2: Activités des Français pratiquées au cours des douze derniers mois

Si on nous explique que les français passent tant de temps devant la télévision, vont tant de fois au musée au cours des douze derniers mois, visitent tant de fois un monument historique, font du tricot, on ne nous dit rien sur les 70 % des français qui sont allés se promener sur un espace vert ou sur les 34 % qui ont pratiqué une randonnée[32]. Finalement toute la difficulté, comme on le verra ultérieurement, est résumée par ce type d'enquête. On sait que les français sortent de chez eux, vont se promener, fréquentent les sites naturels, mais savoir où, quand, comment et combien relève de l'impossibilité. Généralement ces types d'activités ne sont pas comptabilisés par des systèmes de billetteries, et appartiennent à des espaces ouverts librement à la fréquentation.

J. Herbin[33], à partir d'une enquête de 2000 questionnaires, effectuée en 1983 sur trois villes alpines (Grenoble, Chambéry, Annecy), montrait que seulement 14,7 % des familles n'avaient pas fait de séjour de week-end en dehors des petites et grandes vacances. Les répartitions des principales destinations se partageaient sur des espaces déterminés et différenciés : le Vercors et des secteurs de moyenne montagne pour les Grenoblois, les abords du Lac et les montagnes du Semmoz pour les Anneciens, la moyenne montagne (Bauges, Chartreuse, Montagne de l'épine, Montagne du Chat) pour les Chambériens. Tous ces espaces se trouvent être dans l'environnement direct des agglomérations, la haute montagne apparaît être trop éloignée. N'oublions pas que nous sommes en 1983, les autoroutes alpines ont été surtout développées dans la région, pour les jeux olympiques d'Albertville en 1992. Il fait aussi remarquer que l'on part plus si l'on habite l'agglomération Grenobloise, car le besoin d'évasion se fait davantage sentir dans les grandes villes.

Ville	**Aucun séjour**	**1 à 3 fois l'an**	**4 fois et plus l'an**
Grenoble	*9,1*	*42,7*	*48,2*
Annecy	*19,7*	*42,8*	*37,5*
Chambéry	*15,2*	*52,5*	*32,5*

Tableau 3 : Fréquences de visites annuelles des citadins sur des espaces naturels

[32] La randonnée est plus associée à l'activité d'une promenade sur un espace "naturel" qu'à l'activité sportive d'une marche de plusieurs dizaines de kilomètres sur plusieurs jours.
[33] Herbin (J.*), "Les loisirs de proximité des habitants de trois villes alpines : Grenoble, Annecy et Chambery*", Norois, n°120, octobre – novembre 1983. p 597 – 617.

K. Ruppert[34], en associant l'espace aux activités de loisirs, montre que l'exercice de ses pratiques est un facteur structurant de l'espace de plus en plus déterminant qui doit être mis en relation avec la géographie urbaine et fait remarquer que la définition du mot tourisme pour déterminer toutes les activités de temps libre est vouée à l'échec.

Il introduit alors une notion de durée, longue (plusieurs semaines), moyenne (journée et demi-journée) et courte (heures) qui correspond respectivement aux espaces répondant aux vacances, à la détente de proximité, et à l'environnement du domicile, *"[ ],compte tenu de la projection sur l'espace des différentes séquences de temps libre, on aura une triple division qui, dans la plupart des cas, correspond à une échelle de distances séparant la résidence permanente du lieu de détente"*[35]. En analysant les déplacements récréatifs des munichois, il met en évidence, à partir d'indicateurs spatiaux quantitatifs, les nouvelles façons de consommer l'espace pour les urbains : 50 % de la population faisait une sortie par mois en 1980 dans un rayon de 30 à 100 km du domicile. Les déplacements récréatifs de proximité sont devenus un facteur d'utilisation du sol en Allemagne (ex RFA), avec un accroissement des aires récréatives estimées à 25 % entre 1979 et 1981.

b). Des espaces naturels soumis aux pressions urbaines

Pour beaucoup de sites touristiques, une grande part du nombre de visites est le fruit d'une consommation récréative de proximité. Les équipements, dits touristiques sont de plus en plus utilisés par des populations locales et en particulier les urbains. L'étude des fréquentations menée sur les Hautes Vosges[36] a montré une très forte fréquentation de visiteurs dits locaux ou régionaux[37], les taux pouvant atteindre certains dimanches plus de 75 %. En résumé nous avons constaté que la fréquentation doublait le dimanche sur l'ensemble du massif[38] et qu'elle répondait à des phénomènes d'heures de pointes dans la journée, le pic de fréquentation se situant entre 16 et 17 heures.

L'étude des chiffres de la fréquentation touristique a montré que les sites naturels situés aux abords des grandes régions urbaines connaissaient de fortes pressions anthropiques, l'ONF a estimé à 11 millions le nombre de visiteurs à l'année sur la forêt de Fontainebleau, le Plan de

---

[34] Ruppert (K.), "*Les loisirs non touristiques et leur influence sur l'organisation de l'espace*", Norois, n°120, octobre – novembre 1983. p 503-510.
[35] *Ibid.* - p. 504.
[36] Decoupigny (F.), "*Etude fréquentations des Hautes Vosges*", Laboratoire du CESA, PNR Ballons des Vosges, janvier 1997.
[37] Départements et/ou régions limitrophes
[38] Ces observations se vérifient aussi sur d'autres espaces (Ecrins, Pyrénées, Pont du Gard, PNR Brotonne..)

Protection et de Mise en Valeur des Hautes Vosges (PPMVHV[39]) est arrivé à une estimation qui tourne autour de 10 millions sur le massif. Les régions possédant le plus de sites, dont la fréquentation excède 20 000 visites[40] par an sont principalement les régions dites urbaines (Ile de France, Rhône - Alpes, PACA, Alsace, Nord-Pas-de-Calais) ou des régions accessibles dans la journée d'un de ces territoires (Normandie, Alpes, Vosges...). On dénombre 34 de ces sites dans les deux départements de la région Nord-Pas-de-Calais, alors qu'en Poitou-Charente, région dite plus touristique, il n'en n'existe qu'une vingtaine[41].

On peut dès lors se poser des questions sur la présence d'unités urbaines et les quantités de visiteurs qu'elles induisent sur les milieux naturels voisins. Les causes de cette forme de loisirs sont à rechercher dans de nouvelles façons de concevoir un espace au quotidien qui intègre la campagne environnante dans le cadre de vie. Le dimanche et les jours fériés, des Bordelais vont se faire bronzer au Cap-Ferret, des Lyonnais vont se promener sur les parcs régionaux ou nationaux environnant, des Parisiens vont en Normandie ou à Fontainebleau, des Strasbourgeois vont se promener dans les Vosges. En période de vacances, ces populations se mélangent avec les touristes. Aujourd'hui les organismes institutionnels intègrent ce phénomène sous le vocable de fréquentation paratouristique. Conscients que les sites les plus touristiques intéressent aussi les populations locales, on commence à réaliser l'ampleur des quantités de visites qu'elles engendrent.

C'est pour cela que nous préférerons, tout au long de notre propos, le terme de visiteur à celui de touriste ou d'excursionniste. Notion plus neutre, elle nous permet, dans un premier temps de ne pas présupposer une segmentation de la population de 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 pensons qu'il est nécessaire d'associer, dans l'analyse des déplacements et des fréquentations des territoires touristiques, un phénomène de consommation récréative lié directement aux loisirs de proximité, ceux que nous appelons communément les excursionnistes à la journée, les promeneurs du dimanche.

Cette nécessité se fait d'autant plus ressentir que les sites des espaces naturels sont soumis de

---

[39] Plan de Protection et de Mise en Valeur des Hautes Vosges

[40] Ministère du Tourisme "*Les 1000 sites les plus visités en France*" , 1991.

[41] Cette constatation apparaît encore plus marquée pour les emplois salariés du tourisme, l'équipe Mit fait remarquer que « l'importance des offices du tourisme n'est pas systématiquement proportionnelle au nombre de séjours. [...] les villes étant sur – représentées ». Knafou (R.), "*Tourisme et loisirs*...op. cit. p.43.

plus en plus à de très fortes pressions anthropiques ce qui provoque une prédation importante des milieux naturels. Des écosystèmes sensibles peuvent être détruits à partir d'un piétinement ne dépassant pas quelques dizaines de passages par jour (tourbières, flore sur substrat pédologique pauvre, dunes, interfaces d'écosystèmes...), au vu de certains chiffres à l'année, on peut avoir une idée des dommages subis par certains milieux.

En définitive, qui retrouve-t-on : des résidents et des vacanciers qui se partagent les mêmes activités. La difficulté à quantifier le nombre de visiteurs tient au fait qu'il existe de véritables déplacements de masse des populations résidentes vers des espaces "naturels"[42] assimilés à de nouveaux territoires de liberté et de détente. Parler de migrations pendulaires récréatives, à l'image des déplacements domicile - travail apparaît pertinent tant ce phénomène a pris de l'ampleur. N'assistons-nous pas, les dimanches soirs à des embouteillages tout aussi importants sur les routes qu'aux heures de pointes des déplacements domicile - travail. Quitter Paris un vendredi soir, au mois de mai, relève de la patience.

2). Un espace récréatif "consommé"

a). Des pratiques régulières sur l'espace

Il n'existe pas de sites touristiques naturels en déclin, ceux d'hier sont ceux d'aujourd'hui, et ont connu une croissance de leurs fréquentations. Les plus beaux paysages ou espaces naturels, souvent associés à des dénivelés importants, ont tout de suite été reconnus exceptionnels, la fréquentation sur des espaces comme le cirque de Gavarnie ou la ligne Bleue des Vosges datent du XIXième siècle.

G. Richez montre à travers des observations menées sur plusieurs parcs nationaux en Europe qu'il existe des pratiques de consommation récréatives similaires, *"[...], les flux s'organisent de façon tout à fait semblable aussi bien dans le parc national du Grand Paradis en Italie que dans ceux des Tatry en Slovaquie*"[43]. Il existerait des pratiques invariantes de fréquentation quelle que soit la région, c'est le type de milieu qui serait alors prédéterminant. Il rajoute "*dans la très grande majorité des espaces parc, cependant, ce sont les activités touristiques axées sur la promenade, la découverte personnelle des milieux naturels, les sorties familiales qui arrivent largement en tête. Sur ce point, les enquêtes*

[42] Les citadins associent de plus en plus les espaces non urbains à des espaces naturels. C'est pour cela que nous mettons des guillemets au mot naturel afin de nuancer une perception.
[43] Richez (G.), "*Parcs Nationaux et tourisme en Europe*", Coll. Tourismes et Sociétés, L'Harmattan, Paris 1992. p. 101

de fréquentation ne laissent aucun doute"[44]. Dès lors, il n'est pas étonnant de voir une certaine régularité des pratiques de loisirs sur les espaces naturels.

La demande, liée aux pratiques de consommation récréatives spatiales, s'avère similaire quel que soit le type d'espace. Les milieux naturels apparaissent de plus en plus comme de véritables produits d'appels pour des urbains en "quête de verdure", lors de leur déplacement hebdomadaire du week-end. Les curiosités naturelles (les plans d'eau, les sommets ou points hauts, les points panoramiques, les bords de rivières, les forêts de feuillus) représentent des objets attractifs pour une population qui vient découvrir la "nature" à pied, en VTT, à cheval, en parapente...

	Curiosités Naturelles	*Paysages intacts*	*Coût de la vie*	*Monuments musées*	*Dépaysement complet*	*Hôtels confortables*	*Distractions*	*Possibilités de sport*
Belgique	**42**	**43**	*25*	*16*	*30*	*25*	*22*	*14*
Danemark	**62**	**38**	*25*	*21*	*36*	*17*	*9*	*7*
Espagne	**52**	**17**	*12*	*28*	*5*	*14*	*19*	*9*
France	**68**	**34**	*35*	*31*	*46*	*20*	*20*	*22*
Grèce	**39**	**16**	*36*	*25*	*16*	*14*	*25*	*7*
Irlande	**30**	**28**	*53*	*14*	*23*	*39*	*47*	*15*
Italie	**63**	**37**	*38*	*27*	*30*	*24*	*22*	*14*
Luxembourg	**67**	**52**	*36*	*35*	*25*	*42*	*15*	*25*
Pays Bas	**66**	**42**	*36*	*25*	*32*	*22*	*17*	*16*
Portugal	**36**	**17**	*35*	*22*	*11*	*11*	*22*	*13*
Ex RFA	**47**	**43**	*40*	*30*	*23*	*22*	*21*	*14*
R. Uni	**56**	**51**	*36*	*27*	*21*	*51*	*31*	*12*
CEE	**56**	**37**	*34*	*28*	*26*	*26*	*23*	*14*

Tableau 4 : Les centres d'intérêts des touristes européens (source BIMA, 1991)

L'enquête[45] sur les Vosges a mis en évidence trois éléments déterminants de la fixation des quantités de visiteurs sur les espaces naturels : l'accessibilité, la préservation du site et la sécurité. Ces caractéristiques sont à rapprocher d'une autre enquête[46] qui portait sur les nouvelles pratiques sportives de la montagne. Les résultats sur les motivations ont mis en exergue trois types de priorités du choix du lieu de vacances : le dépaysement, les activités, le site. Ce problème d'accessibilité et de sites aménagés[47] est omniprésent dans nombre d'enquêtes même si la question n'apparaît pas implicitement. L'exemple de l'étude menée sur les nouvelles pratiques sportives montre que si 78 % des individus préfèrent les lieux naturels

[44] *Ibid.* - p101

[45] Decoupigny (F.), "Etude fréquentation Hautes Vosges", laboratoire du CESA, PNR Ballons des Vosges, janvier 1997.

[46] Dienot (J.), Theillier (D.), "*les nouvelles pratiques sportives de la montagne : un champ nouveau pour le tourisme de pleine nature*", in *Tourisme et environnement*, Ministère de l'environnement, Ministère du tourisme, Documentation Française, Paris, 1992. p 38 – 47.

[47] Il ne s'agit pas ici d'aménagements lourds mais plutôt des aménagements légers qui permettent un accueil de qualité sur le site.

qui ne connaissent pas de sur-fréquentations, ils ne souhaitent pas pour autant exercer leur activité sur des espaces déserts et ont besoin de structure d'accueil. Pour des pratiquants d'espaces "naturels", on aurait pu penser le contraire. Que cela soit pour des activités de nature dites "douces" (promenades, randonnées faciles) ou dites "dures" (activités sportives soutenues), les visiteurs sont des individus grégaires qui consomment un espace en fonction de certaines contraintes sous tendues par l'espace ; la distance de déplacement (à partir du domicile) pour ce qui est de l'accessibilité, l'offre spatiale naturelle plus ou moins équipée pour ce qui est de l'attractivité.

La consommation des espaces de loisirs est devenue un élément important de l'utilisation non agricole du sol avec des centres d'intérêts axés sur les espaces naturels. Pour un citadin les espaces naturels sont définis en négatif par rapport à l'espace urbain, un "hors ville", souvent synonyme de jardin, notion entérinée depuis quelques années autour du débat des agriculteurs "paysagistes" ou "jardiniers" de la campagne.

Cette idée n'est pas neuve, déjà en 1983, J.P. Lozato soulignait que "*le besoin d'espace vert et de détente, même pour quelques heures, est devenu une nécessité pour les citadins*"[48]. Cette nécessité est identifiée comme une pratique de proximité liée à une distance de déplacement et à une durée, en d'autres termes aux loisirs périurbains[49].

La majorité des visiteurs fréquente les espaces naturels entre deux et six heures et arrive en général en fin de matinée ou en début d'après midi[50]. Dans ces conditions, il devient tout à fait normal de constater des phénomènes de congestion sur les routes lors des retours de promenade, en fin de journée (entre 17 et 18 heures). Comme nous le verrons ultérieurement, les fréquentations sur les espaces naturels répondent à des phénomènes d'heures de pointes qui provoquent des congestions sur les réseaux d'accueil des espaces récréatifs appartenant aux grandes régions urbaines.

b). Réutilisation des espaces touristiques dans un cadre de vie

Si la consommation des espaces naturels est une activité en plein essor, il faut aussi aller en rechercher la cause dans la façon dont les citadins perçoivent leur espace au quotidien. J.

---

[48] Lozato (J.P.), "*Les zones naturelles d'équilibres en Ile de France*", Norois, n°120, octobre-décembre 1983. p. 663-668.
[49] Lazzaroti (O.), " *Les loisirs périurbains*", Espaces, n°127, mai-juin 1994. p. 34-44.
[50] Richez (G.), "*Parcs Nationaux ...,* op. cit. p. 112.

Diénot[51] insiste sur les interactions complexes qui existent entre la société, l'espace et les loisirs où interfèrent les différents espaces de la vie quotidienne, l'espace loisir venant comme les autres compléter un espace global. Pour des espaces touristiques appartenant ou étant relativement proches de zones urbaines, nous voyons ces territoires s'apparenter à des zones récréatives sous l'effet d'une volonté des populations d'intégrer ces espaces dans leur environnement quotidien.

Quel que soit le territoire, du moins en Europe, il existe une distribution plus ou moins dense de lieux possédant divers types de patrimoine naturel, historique, monumental. Ces lieux possèdent une notoriété plus ou moins grande et sont exploités plus ou moins intensément par des populations qui tentent d'en tirer un revenu. Cette mise en valeur, qui peut s'apparenter à un développement touristique du territoire, est aujourd'hui réutilisée par les populations locales d'origine urbaine. En effet des équipements, à l'origine conçus pour les "vacanciers" sont aujourd'hui utilisés par une population qui sort de la ville pour aller occuper son "temps libre".

Une étude[52] en 1979 montrait déjà que seulement 18 % des vacanciers interrogés ne pratiquaient l'activité "déplacement en excursions et promenades" que pendant les vacances. En d'autres termes 82 % des vacanciers la pratiquaient pendant leurs loisirs.

Le monde urbain, dans lequel vit la plupart des Français et des Européens, a fait évoluer certaines pratiques sociales des loisirs. Elles se sont traduites, pour quelques-unes d'entre elles, par une volonté de rechercher un cadre temporaire d'évasion hors de la ville. Ces temps et ces espaces de détente sont plus ou moins longs et plus ou moins éloignés de leur résidence urbaine principale.

Prenons l'exemple des aménagements liés au tourisme vert : s'ils bénéficient d'un engouement certain de la part des vacanciers, ils représentent aussi pour les populations locales une offre de loisirs qu'elles intègrent dans leur cadre de vie. Quel que soit le type de produit touristique, on constate une forte appropriation de ces espaces touristiques se trouvant à proximité de grands centres urbains. L'analyse des chiffres du recensement général de la population est attendue avec impatience car l'augmentation de population des aires urbaines de l'ouest et le doublement de la croissance démographique pour les régions Languedoc – Roussillon ne sont peut – être pas étrangers à un certain héliotropisme.

---

[51] Diénot (J.), "*L'approche géographique du loisir au quotidien*", Norois, n°120, octobre – novembre 1983. p. 491 – 496.

3). "L'invention du lieu touristique"

La première particularité des sites touristiques apparaît dans le fait que tous ces lieux ont connu une réaffectation[53] de leur activité. La recréation du lieu en site touristique, ou "*l'invention du lieu touristique*" définie par R. Knafou comme "*le pouvoir subversif du tourisme*", est un détournement de l'utilisation dominante du lieu.

C'est-à-dire que tous les sites dits touristiques, à l'exception de certains lieux construits de toutes pièces (Center Park, parcs d'attractions...), sont des sites qui préexistaient avant le phénomène touristique. Mais ce processus est doublé par une appropriation de cet espace par les populations locales, que R. Knafou définit comme "*une incorporation de nouveaux espaces au lieu touristique – c'est le pouvoir de conquête du tourisme*"[54].

Ces populations, qui avaient l'habitude d'ignorer ces lieux, les incorporent, aujourd'hui dans leur environnement quotidien. Il y a alors création d'un nouvel espace dans le sens qu'il y a transformation de la fonctionnalité et des processus qui s'y opèrent par une appropriation des populations locales.

Ce ne sont pas les habitants de Chamonix qui ont fait de leur vallée un espace touristique mais bien les visiteurs. Au fil des années, les savoyards se sont appropriés l'espace haute montagne afin d'en faire un espace exploité commercialement (station de ski, compagnie des guides de haute montagne de Chamonix...). La découverte des espaces touristiques est un phénomène exogène au territoire alors que son exploitation commerciale est souvent le fruit d'un développement endogène. On exploite alors une opportunité de développement local d'un espace qui n'avait jusqu'alors aucune utilité économique, processus facilement vérifiable pour les espaces naturels devenus touristiques[55].

Le modèle de J.M. Miossec[56] (page suivante) décrit bien ce phénomène de colonisation d'un espace et son développement touristique en fonction du temps et des différentes phases d'appropriation de l'espace par les différentes populations (visiteurs, investisseurs...) que nous avons vues précédemment.

---

[52] Michaud (J.L.) " *Le tourisme face à l'environnement...* op. cit. p. 120.
[53] Knafou (R.), " *L'invention du tourisme*" in Encyclopédie de géographie sous la dir. A. Bailly, R. Ferras et D. Pumain, Economica, Paris, 1992. p 851-864.
[54] *Ibid.* - p. 854.
[55] Il est d'ailleurs très intéressant de constater que chaque fois qu'un milieu naturel a été domestiqué et sécurisé, il devient potentiellement attractif pour les touristes. Le dernier exemple porte sur les grands déserts de glace ou de sable, qui deviennent depuis ces dernières années une destination touristique recherchée.

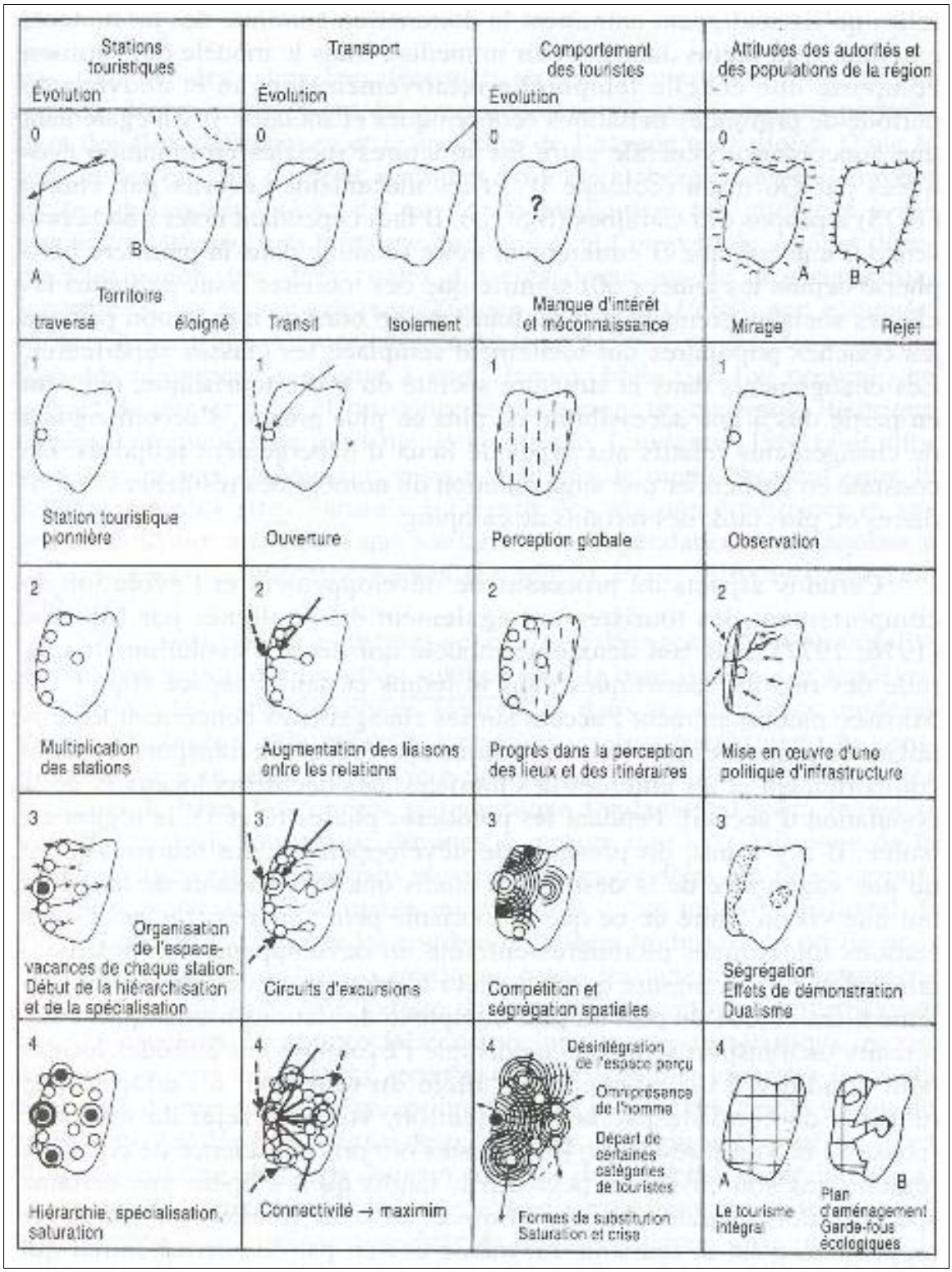


Figure 2 : Les phases d'un développement touristique (Miossec, 1977)

[56] Miossec, (J.M.), "*Un modèle pour l'espace touristique*", l'*Espace géographique*, n°1, 1977. p. 41 - 48

Section 2. Les espaces de loisirs intégrés à l'espace urbain

A. Rôle de l'urbanisation

Mais, expliquer l'engouement des visiteurs pour les espaces naturels, seulement par le fait que le temps de loisirs a cru par rapport au travail n'est pas suffisant, la semaine des 39 / 40 heures est bien antérieure au phénomène. Il existe une nouvelle perception du territoire liée à la localisation de sa résidence et à son mode de vie qui s'est modifiée ces dernières années avec la croissance de l'urbanisation des agglomérations et la variation des distances parcourues.

Caractéristique des sociétés post-industrielles, la qualité de l'environnement, liée au cadre de vie, est devenue une variable fondamentale de localisation sur les territoires urbains. La libération de certaines contraintes de localisation, par le développement des voies de communication urbaine et des transports, a eu pour conséquence de réduire les temps de parcours entre différents espaces. Si ces réseaux de transport ont été créés pour une meilleure fluidité des déplacements urbains et interurbains, ces infrastructures ont aussi permis de rapprocher les espaces naturels des villes.

En effet, l'autoroute A6 a eu pour première fonction de relier Paris à Lyon, puis cet axe routier est devenu, lors des week-ends, une véritable artère de desserte de Paris vers la forêt de Fontainebleau, phénomène valable aussi pour des espaces bien desservis par des autoroutes tels que la Sologne, la Normandie ou le Perche. Ces exemples se reproduisent autour de chaque grande ville et métropole en France; Lyon et les Alpes, Lille et la Côte d'Opale, Bordeaux et la côte atlantique...

Déjà en 1974, P. George anticipe les problèmes de saturation de certaines zones en fonction de la croissance des infrastructures routières qui accompagnent l'urbanisation des grandes villes *"[ ] Encore est-elle (la "conservation"), en proie à des pressions multiples, et le grignotage incessant finit par faire craindre la dénaturation complète de l'espace naturel, dont l'écologie est bouleversée à partir du moment où il est rogné sur ses marges et éventré par des grands axes de circulation*"[57], et déjà, on entrevoit toute la problématique des déplacements liée aux migrations pendulaires récréatives que l'on connaît aujourd'hui :"*L'espace de loisirs hebdomadaires, pour celui qui n'a pas de résidence secondaire, est le bord de la route*"[58].

---

[57] George (P.) , "*L'ère des techniques, constructions ou destructions*", collection SUP, PUF, 1974. p. 165.
[58] *Ibid.* - p. 165.

Cet espace apparaît ségrégatif suite aux processus d'acquisition des terrains et des immeubles pour en faire des résidences secondaires de l'aire périurbaine. Mais ces aires ont été depuis englobées dans l'espace urbain, et le phénomène s'est reporté sur des aires plus périphériques. Le modèle de Lundgren[59] (page suivante) décrit bien ce phénomène de croissance urbaine et de la dynamique de localisation des aires récréatives.

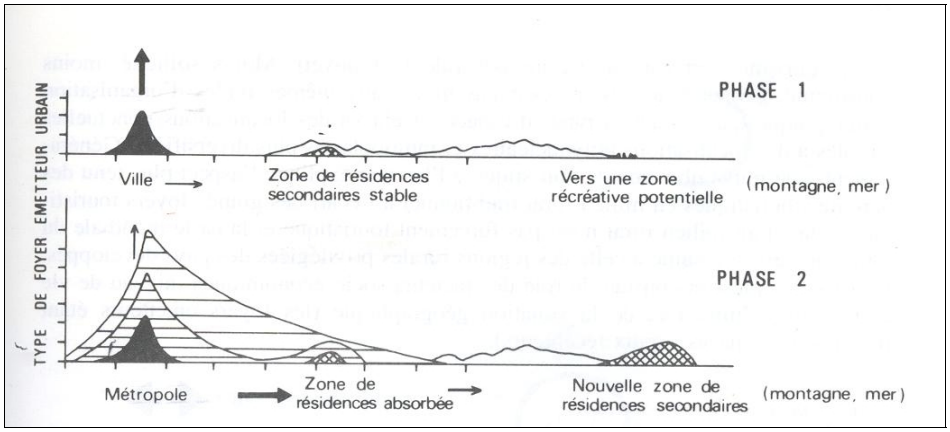


Figure 3 : Intégration des territoires touristiques dans l'espace urbain (Lundgren, 1984)

1). Croissance des réseaux de transports

La croissance des fréquentations des espaces naturels est concomitante à la croissance de l'urbanisation et à la nouvelle façon dont les citadins appréhendent leur espace en intégrant, dans leur cadre de vie, l'environnement dans lequel s'inscrit la ville, phénomène relayé par le desserrement de l'habitat en zones périphériques.

Il a été clairement mis en évidence que la croissance urbaine s'est accompagnée d'une croissance des infrastructures de transports[60]. Qu'ils soient intra-urbains ou inter-urbains, ces réseaux de transports ont facilité la mobilité urbaine des citadins en leur permettant, grâce à une réduction des temps de transport, d'obtenir une plus grande liberté de localisation résidentielle dans la ville, la métropole, l'agglomération, etc.

Ce qui nous intéresse dans ce phénomène, c'est la réutilisation de ces réseaux pour consommer sur les espaces naturels, "*Le tourisme implique d'une part une motivation de détente, de plaisir et d'enrichissement culturel, d'autre part, il met en œuvre des structures d'offres et de transport*

[59] Lundgren (J.), "*Géographic concept and the development of tourism research in Canada*", Geojournal, Dordecht/Boston, vol. 9, n°1,1984. pp17-25.
[60] Baptiste (H.), " *Interactions entre le système de transport et les systèmes de villes*", Thèse de doctorat, Université de Tours, 1999.

organisées".[61]

L'utilisation de la voiture et le développement des réseaux de transports ont contracté les espaces de circulation et provoqué un desserrement de l'habitat sur les franges urbaines. Ces phénomènes ouvrent sur une nouvelle organisation devenue plus urbaine du territoire français. Avec une mobilité urbaine croissante et des accessibilités plus fortes, on pense en réseaux de villes[62] qui forment des territoires urbains plus ou moins maillés.

La carte de la *Figure 5* (page 44) est une simulation des moyennes des gains de temps que procurent l'achèvement de l'autoroute A51 (Gap –Sisteron). Si le gain de vitesse moyenne paraît négligeable sur des longs trajets, il reste important si l'on tient compte des vitesses moyennes relativement basses que procure le relief dans ces régions. L Chapelon écrit que "*l'A 51 ne peut prétendre qu'à une vocation de desserte régionale*"[63].

Si l'on fait un rapprochement entre la richesse naturelle de la région et le niveau d'urbanisation de la région (Grenoble, Toulon, Cannes, Nice, Marseille), il est indéniable que l'achèvement de ce tronçon d'autoroute aura des répercussions sur l'espace en le rendant plus accessible lors des déplacements récréatifs. Des gains de temps de quelques minutes sont d'autant plus importants que les trajets sont de faibles durées, et cela est particulièrement vrai en milieu urbain.

Prenons un autre exemple issu d'une simulation de NOD[64], mais qui concerne une infrastructure intra-urbaine : il s'agit de l'achèvement du périphérique de Tours.

La création de cette rocade aura un impact certain sur les temps des trajets effectués sur les zones situées à l'est de l'agglomération. Si des gains de temps paraissent négligeables sur de longs trajets, ils représentent pour des déplacements quotidiens des gains considérables et peuvent alors rendre plus attractifs, parce que plus accessibles, des sites qui étaient jusqu'alors délaissés.

---

[61] Potier (F.), "*Les métamorphoses du tourisme*", Sciences humaines, n°73, juin 1997. p. 34 - 37.
[62] On renvoie ici à l'analyse de H. Baptiste sur le rôle des réseaux de transport et des réseaux de ville, et de leur croissance simultanée.
[63] Chapelon (L.), "*Offre de transport et aménagement du territoire. Evaluation spatiotemporelle des projets de modification de l'offre par modélisation multi-échelles des systèmes de transport*", Thèse de doctorat, Université François rabelais – Tours, 1997.
[64] NOD est un modèle élaboré au Laboratoire du CESA par L. Chapelon A. L'Hostis et Ph. Mathis afin de calculer l'impact des offres de transports sur l'espace. Il a pour object l'évaluation spatio-temporelle des projets visant à modifier l'offre de transport.

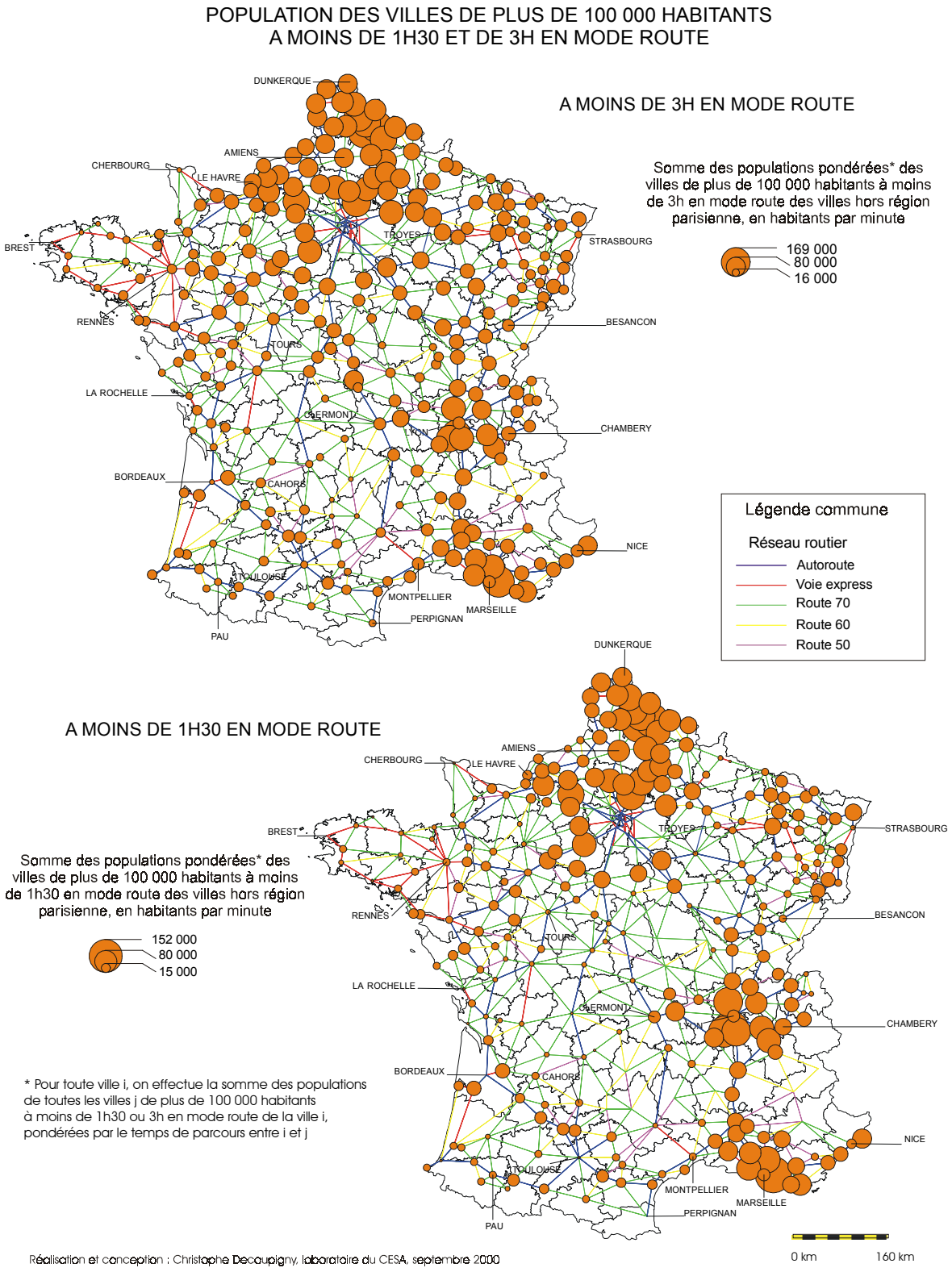


Figure 4 : Accessibilité urbaine en France

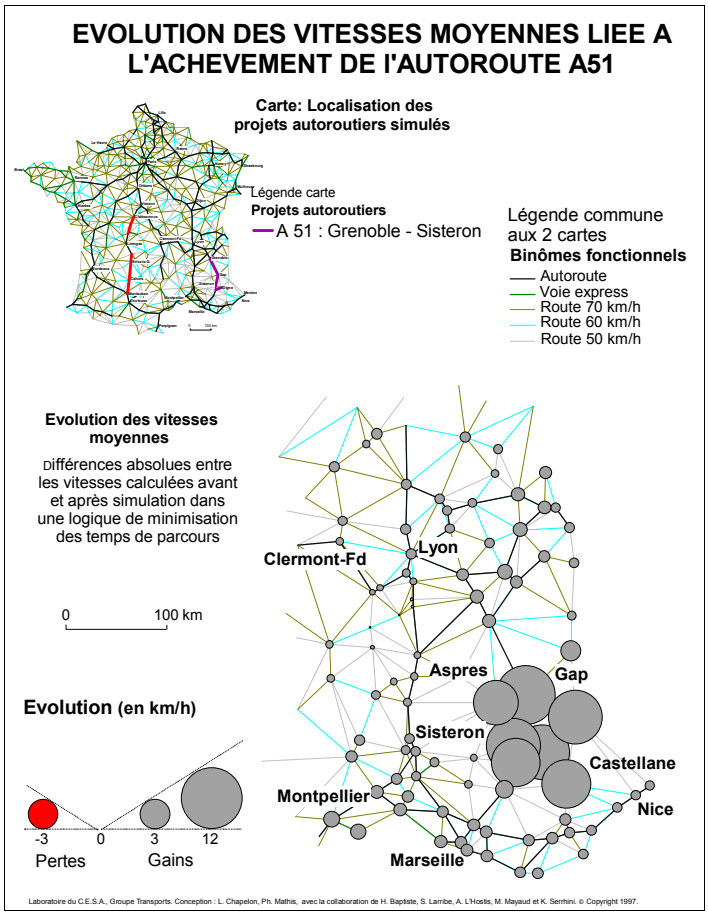


Figure 5: Graphe de la simulation des gains de temps induits par l'achèvement de l'autoroute A51

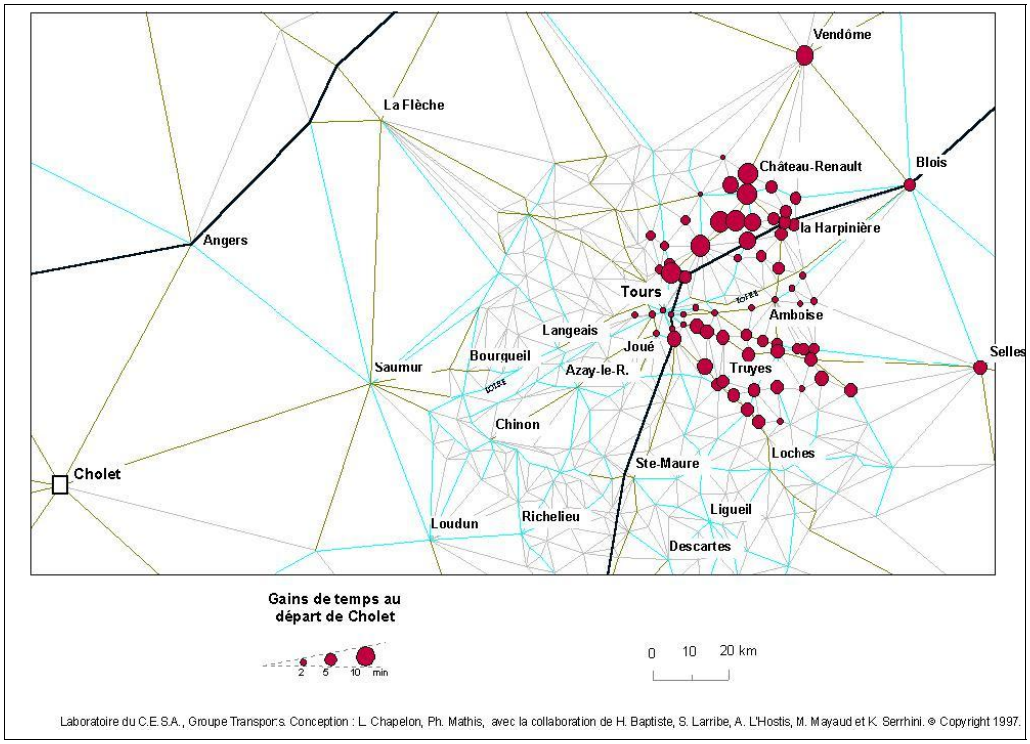


Figure 6: Graphe de la simulation des gains de temps induits par l'achèvement du périphérique de Tours

En fonction de son point de départ dans l'agglomération on peut gagner entre 5 et 15 minutes. Ces gains peuvent alors être utilisés soit en restant plus longtemps sur un site, soit pour accéder à des sites plus éloignés. 5 à 15 minutes, à 60 km/h, c'est environ 5 à 15 kilomètres de déplacement supplémentaire, pour une autoroute, le gain passe entre 10 et 30 kilomètres. Ces gains peuvent permettre éventuellement de descendre en dessous d'une barrière psychologique (moins d'une demie heure, d'une heure...) ce qui peut rendre des espaces potentiellement accessibles alors qu'ils ne subissaient peu ou pas, de par leur éloignement, une pression anthropique.

Prenons un autre exemple avec la future autoroute A28 (Tours/Le Mans). Elle rend accessible la vallée du Loir, au départ du Mans ou de Tours, une zone riche en petit et moyen patrimoine et assez préservé. Cet axe introduit une direction nord/sud dans une région "touristique orienté est/ouest le long de la Loire.

2). Une mobilité acquise par l'utilisation de la voiture

La voiture a transformé l'échelle des territoires en les recomposant en fonction des gains d'accessibilité qu'elle procure, "*L'espace urbain peut désormais s'étendre sans cohérence et sans vraie limite entre cœurs de villes et déserts*"[65].

La voiture permet au citadin de fuir la ville et de se retrouver dans une campagne qu'il associe au loisir. L'emploi de la voiture est devenu en partie systématique, en 1980, 83 % des Français utilisaient déjà leur voiture pour partir en séjours ou pour effectuer des déplacements récréatifs de proximité[66].

G. Dupuy[67] insiste sur le fait que la voiture a permis "*la conquête d'un espace de vie différent de celui qu'imposait la ville*" et a induit de nouvelles distributions sur le territoire qui ont transformé le cadre établi d'une organisation territoriale des répartitions en faisant voler en éclats certains indicateurs de densité et de proximité, ce qui ne veut pas dire que la ville a éclaté, mais qu'elle a reconstruit de nouveaux territoires sur une échelle géographique plus importante.

G. Dupuy[68] dégage alors trois modèles de reconquêtes territoriales qu'a engendrées l'utilisation de la voiture. Le premier, territoire suburbain, permet une relocalisation résidentielle des

---

[65] Dupuy (G.), "*Les territoires de l'automobile*", coll. Villes, Anthropos, Paris, 1995.
[66] Michaud (J.L.), " *Le tourisme face à l'environnement*... op. cit. p. 87.
[67] Dupuy (G.), ."*Les territoires de* ...op. cit. p. 127
[68] *Ibid.* - p. 120

classes moyennes des centres villes vers des franges urbaines moins denses pour des questions de cadre de vie. Le second, rurbain, est celui d'une population urbaine qui n'a pas coupé les attaches avec ses origines rurales et qui garde des relations assez étroites avec un milieu rural (liens sociaux et familiaux). Le troisième modèle est qualifié de touristique, car la voiture permet de se projeter hors de la ville pour des questions de loisirs et de découverte de paysages. On va alors rechercher un "paradis perdu", une "nature sauvage".

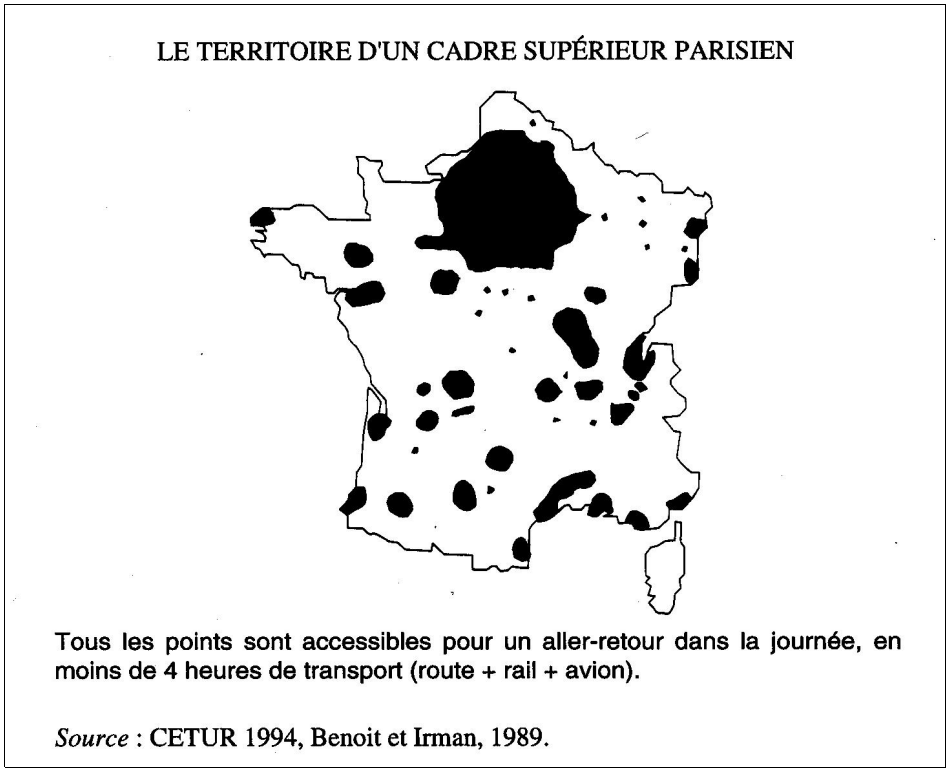


Figure 7: Territoires accessibles pour un aller et retour dans la journée, en moins de 4 heures de transport (route, rail, air) au départ de Paris

B. Espaces naturels récréatifs urbains ?

1). Une "métropolisation" des espaces naturels

Si le développement des transports a participé à l'attractivité des sites en augmentant l'accessibilité des espaces naturels, il faut aussi faire remarquer que depuis une trentaine d'années, l'évolution des documents de planification spatiale français sont sans ambiguïté concernant l'intégration des espaces naturels périurbains dans un système urbain élargi.

L'exemple le plus significatif concerne le Schéma directeur de l'Ile de France[69]. Au fur et à mesure des différentes publications depuis la Loi d'Orientation Foncière de 1967, les termes "espaces ruraux" font place aux termes "espaces naturels", "ceinture verte", ce glissement sémantique parachève une certaine façon de percevoir l'environnement non urbain. Ce qui est hors ville est de l'ordre de la nature, territoire que l'on veut figer au gré des images d'Epinal que les urbains se font de ce territoire. On parle actuellement plus volontiers de paysages "naturels" que d'espaces ruraux. Le mot paysage traduit cette approche esthétisante que l'on a de la campagne, cette authenticité que l'on croit avoir perdue en vivant en ville. On parle même de nos agriculteurs comme de jardiniers. Ce jardin, propre, mignon, accessible aux portes de nos cités qui restituerait un semblant d'authenticité et de verdure. IAURIF a fait paraître un de ses cahiers[70] sur les vallées de sa région dans lequel, il est clairement dit que ces espaces représentent un potentiel naturel à protéger et laisse entrevoir une stratégie d'intégration de ces territoires dans une continuité urbaine sous tendant des aménagements liés aux loisirs et à la détente.

Mais ce phénomène ne concerne pas uniquement les grandes métropoles. Les loisirs de proximité apparaissent aussi comme une des préoccupations des "Réseaux de Villes", politique soutenue par la DATAR et contractualisée avec un plan Etat-Région[71].

Est-ce pour autant que l'on peut parler d'émergence d'espaces avec des fonctionnalités précises, des espaces de loisirs[72] nés de la polarisation urbaine. L'intégration de ces espaces interstitiels dans l'armature urbaine des réseaux de ville résulte comme on l'a vu précédemment de différents facteurs (croissance des réseaux de transport, nouveau cadre de vie...) mais aussi d'un profond changement dans les rapports sociaux que la ville entretient avec son environnement immédiat.

Après des siècles d'une liberté symbolisée par la ville, la campagne apparaît de plus en plus comme un espace de liberté véhiculant des valeurs d'indépendance par rapport aux contraintes liées aux congestions urbaines (pollution, vie onéreuse, manque d'espace...)

---

69 "Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Ile de France (SDAURIF)", Préfecture de la Région Ile de France, Direction Régionale de l'Equipement, Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Ile de France, 1965, 1976, 1980, 1994.

70 IAURIF, "*Les vallées de l'Ile de France*", Les cahiers de l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Ile de France, n°125-126, 4ième trimestre 1999 et 1er trimestre 2000. 240 p.

71 Léglise (J.Ph.), "*Les réseaux de villes, territoires de projets*", Espaces, n°125, avril 1999. p. 22-25.
Juts (J.M.), "*La Côte d'Opale, un réseau de territoires qui s'organise*", Espaces, n°125, avril 1999. p. 26-28.

72 Mirloup (J.), "*Région, polarisation de l'espace par les grandes villes et loisirs de proximité*", Norois, n°120, octobre-décembre 1983. p. 663-668.

2). Complémentarité ville - Campagne

Si le développement des infrastructures de transport a contracté les distances temps entre les villes, il a aussi permis aux espaces interstitiels d'être plus accessibles aux populations urbaines désireuses de s'approprier des territoires ruraux et naturels qu'elles intègrent dans leurs espaces quotidiens.

En considérant que ces espaces ne sont que des déversoirs de flux récréatifs, on peut ne voir dans ce phénomène qu'une nouvelle forme de domination de la ville sur la campagne. Elle peut s'exprimer par exemple sous la dénomination d'arrière pays, territoire qui se définit par rapport à un point de l'espace plus central et qui n'a d'existence, pour notre champ d'étude, que par les pratiques de déplacements qui s'y produisent. Nous serions tentés d'abonder dans ce sens puisque des documents d'urbanisme récents et plus anciens corroborent cette analyse.

Cette façon de nier la campagne relève d'une perception archaïque du territoire, car elle suppose cet espace stabilisé dans le temps et borné dans l'espace. G. Bertrand insiste sur le fait que cet espace rural est beaucoup plus dynamique qu'on ne le pense. Dynamique, dans le sens qu'il évolue et se transforme sur une échelle de temps. Cet écosystème, puisqu'il est *"à la fois une réalité écologique et une création humaine*", forme un espace qui ne peut pas être seulement "*réductible aux structures agraires[...]. Il ne s'agit pas de décrire un paysage agraire mais de comprendre le fonctionnement d'un système.*"[73]

Si l'agriculture représente aujourd'hui une activité économique marginalisée, elle reste un élément fondamental en ce sens qu'elle forge l'espace naturel en fonction de ses potentialités. Le tourisme vert, tel qu'il a été conçu, n'est rien d'autre qu'une mise en valeur de ces nouvelles potentialités spatiales et productives d'un système en réponse à une demande émergente d'individus issus d'espaces plus ou moins urbanisés.

Cet engouement pour ce type de produit touristique et les nouveaux modes de vie (néo-rurale, rurbanisation...) traduisent, à notre avis, des rapports sociaux beaucoup plus profonds, puisqu'ils sont, non seulement le produit de nouvelles relations du citadin à la "nature", mais parce qu'ils sont aussi le fruit de nouvelles dynamiques en milieu rural. Les politiques publiques d'essaimage d'activités économiques (développement local) et le maintien des populations révèlent bien là d'une volonté de la ville d'associer ces espaces à sa dynamique.

---

[73] Bertrand (G.), "*Pour une histoire écologique de la France rurale", in* Histoire de la France rural, sous la dir. De G. Duby et A. Wallon, tome1, 1975. p. 58

Les problèmes de congestion que connaît la ville, après avoir concentré les activités, deviennent de plus en plus épineux à régler sur des territoires saturés.

Nous préférons voir plus qu'une complémentarité de deux espaces. Les nouveaux rapports sociaux qui se mettent en place peuvent traduire l'apparition de nouveaux espaces plutôt qu'une réserve "culturelle"[74].

Le Professeur Jacques Beauchard[75] met en évidence une appropriation de ces territoires qui va engendrer de nouveaux rapports sociaux et la transformation des espaces considérés vides ou interstitiels en "nouveau pays" réticulée autour de la "Ville Pays". "*Il importe de ne pas se méprendre sur l'originalité d'un mouvement qui ne peut être confondu avec un retour à la vie des champs. Il s'agit au contraire, d'une extension de l'urbain, qui se projette sur la campagne. Grâce au moyen de communication, une société réticulée se met en place.*" Cette extension est associée à un changement d'imaginaire qui associe ville et campagne, "*à l'heure où l'ancienne urbanité de la ville comme de la vieille civilisation rurale ont toutes deux disparu et laissé place à une ville diffuse et éclatée. D'où le rêve d'un territoire jardin comme nouvel espace de la ville*".

Il n'y aurait plus d'opposition entre espace urbain et espace rural, mais un nouvel espace construit qui se mettrait en place avec ses mobilités internes. Une analyse similaire a été faite par G. Dupuy[76] sur la recomposition des territoires par la mobilité engendrée par la voiture. Si la distinction de la ville et de la campagne était aussi simple avant, c'est que ces deux espaces possédaient des caractéristiques qui ne souffraient pas d'ambiguïtés : à la campagne on cultivait les champs, à la ville on travaillait en usine.

- Si les nouvelles formes productives existantes en milieu rural et les nouvelles façons d'habiter sont issues d'un changement profond des représentations que l'on se fait mutuellement des deux espaces ville et campagne ;

- Si l'on considère, comme Henri Lefebvre[77], qu'un espace social est un espace spécifique sur lequel ont lieu des pratiques spatiales dont les propriétés sont imputées à l'occupation de l'espace ;

---

[74] Chamboredon (J.C.), "Nouvelles formes de l'opposition ville-campagne", in Histoire de la France urbaine, sous la direction de Georges Duby, tome 5 : la ville aujourd'hui, 1985. p. 573.
[75] Beauchard (J.), "*De la territorialité urbaine à l'urbanité des territoires*", in La ville - pays, vers une alternative à la métropolisation. - sous la direct. de Jacques Beauchard, IAAT édition de l'Aube. Poitiers - 1996. p. 5 - 18.
[76] Dupuy (G.), "Les territoires... op cit.
[77] Lefebvre (H.), "*Production de l'espace*... op. cit. p. 200

- Si nous pensons réellement qu'il existe de nouveaux rapports sociaux qui s'établissent sur des espaces en mutation et qui impliquent de nouvelles formes de pratiques spatiales, qui relèvent des mobilités professionnelles, résidentielles et récréatives ;

Alors, il ne fait pas de doute que nous pouvons parler d'un espace à part entière avec ses propriétés, et que la tendance à opposer une ville dominante et une campagne dominée n'apparaît plus pertinente si l'on veut tenter de définir certains processus et en particulier les déplacements récréatifs sur les espaces naturels.

Ces espaces, entretenus et jardinés plutôt que "naturels", en proximité des agglomérations sont associés à la ville et ont tendance à devenir des espaces "suburbains" dans le sens où ils s'intègrent pleinement dans un ensemble d'activités urbaines, mais ne font pas partie intégrante de la ville.

3). Une attractivité liée à l'offre spatiale et à l'accessibilité

Si l'attractivité de l'offre naturelle d'un lieu, plus ou moins équipé ou aménagé, est un élément nécessaire à la fréquentation, elle n'est pas suffisante, il faut y associer l'accessibilité comme une condition nécessaire qu'un site doit posséder pour connaître un certain niveau de fréquentation.

Deux types d'accessibilités doivent alors être différenciés : l'accessibilité routière et l'accessibilité pédestre du site.

L'accessibilité routière permet à un site d'être plus ou moins proche des lieux émetteurs des flux de visiteurs (villes, pôles touristiques, stations touristiques...). L'espace d'accueil est déterminé par un réseau routier assujetti à des distances et des temps de déplacements qui rendent accessibles des parkings ouvrant sur des sites naturels ou des équipements publics (bases de loisirs, équipements d'accueil de sports nature"...).

Dans ce cas, le déplacement est un mouvement fini ce qui veut dire qu'il existe des aires de fréquentation bornées par les capacités d'un réseau de transport à permettre l'écoulement des flux dans un temps maximal de déplacement. Cette accessibilité sera alors dépendante de deux facteurs, le réseau avec ses caractéristiques (taille, forme, types de routes...) et des comportements de déplacement des visiteurs (temps de voiture, distance...).

La seconde accessibilité, est celle du temps de déplacement pédestre, ou autre (VTT, Cheval...)

nécessaire pour se rendre du parking (ou de l'équipement d'accueil) au site naturel. Ce déplacement peut être apparenté à une distance d'approche, soit la zone de stationnement est placée sur le site, le parking est alors ouvert directement sur l'espace naturel, soit il est en retrait, le parking est alors plus ou moins fermé sur l'espace. Interviennent ici, les types de pratiques récréatives des sites naturels, la manière dont les visiteurs se déplacent sur les milieux naturels, les activités spécifiques (VTT, marche à pied, équitation...) et les pratiques récréatives spatio-temporelles (simple visite, promenade, grande randonnée...) qu'ils viennent consommer et qui déterminent un temps de présence minimum sur les espaces naturels.

Le couple accessibilité - attractivité est au cœur de la problématique. S'il y a déplacement, il y a obligatoirement des limites et des contraintes liées à la distance et au réseau de transport qui font qu'un territoire possède un potentiel à offrir des activités récréatives plus ou moins bien distribuées sur l'espace.

C. Détermination de l'espace récréatif

1). Une détermination des espaces en fonction de la demande

Lorsque l'on essaye de déterminer une typologie des espaces récréatifs, qu'ils soient naturels ou culturels, les distinctions entre les espaces se font toujours en associant les comportements de pratiques récréatives des visiteurs par rapport à leur lieu de résidence et à la fréquence de visite des sites.

Traitant des formes d'espaces touristiques, J.P. Lozato-Giotart[78] analyse les loisirs de proximité comme quelque chose de tout à fait différent du tourisme, bien que les deux types de populations correspondantes aux deux types de pratiques puissent se rencontrer sur des mêmes espaces rurbains et périurbains, "*loisirs de proximité et tourisme se confondent à cause d'une double clientèle régionale et extra - régionale*".

R. Knafou insiste sur les différences de temporalité qui existent entre le tourisme qui s'inscrit dans le hors - quotidien et les temps de loisirs qui appartiennent au quotidien. Le déplacement n'est plus suffisant pour distinguer les deux formes de consommation de temps libre pour une population urbaine désireuse d'évasion.

[78] Lozato – Giotart J.P."*Géographie du tourisme*..., op. cit. p. 124.

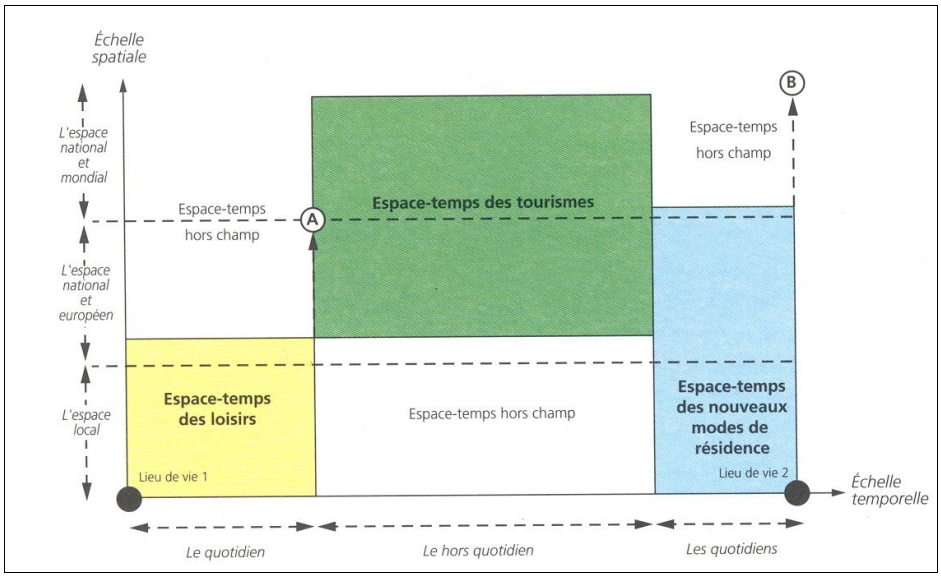


Figure 8 : Espaces temps des loisirs[79]

P. George[80] différencie trois zones de loisirs en fonction de critères spatio-temporels : le niveau local, le niveau hebdomadaire et les zones de loisirs saisonniers (les vacances) qui correspondent aux migrations des urbains vers les espaces touristiques de "*repos et de récupération*". Le niveau local est celui des loisirs quotidiens n'impliquant pas de déplacements, cet espace se confond ou bien est mitoyen à l'espace résidentiel. On peut classer dans cette catégorie les grands parcs urbains associés aux espaces verts d'une ville (bois de Vincennes et de Boulogne, Villa Borghèse, Central Park), les bords de cours d'eau... Le niveau hebdomadaire correspond aux deux jours du week-end *"qui peuvent être utilisés pour des déplacements à moyenne distance suivant la répartition des sites attractifs*".

Cette typologie spatio-temporelle des zones de loisirs est aussi partagée par J. M. Dewailly[81] lorsqu'il différencie trois types de demande de loisirs de nature. La première, la nature de rupture (espaces les plus éloignés du domicile et les plus dépaysants) est visitée lors des vacances, elle constitue le but du voyage. La seconde est une nature de proximité et coïncide aux excursions d'une journée, le but du déplacement est de se détendre et de s'aérer à la campagne. Enfin la troisième, la nature de voisinage, est celle du quotidien, c'est l'environnement du cadre de vie.

---

79 Knafou (R), "Turbulences et confusions... op. cit. p. 11.
80 George (P.) , "*L'ère des techniques*... op. cit p. 163.
81 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.

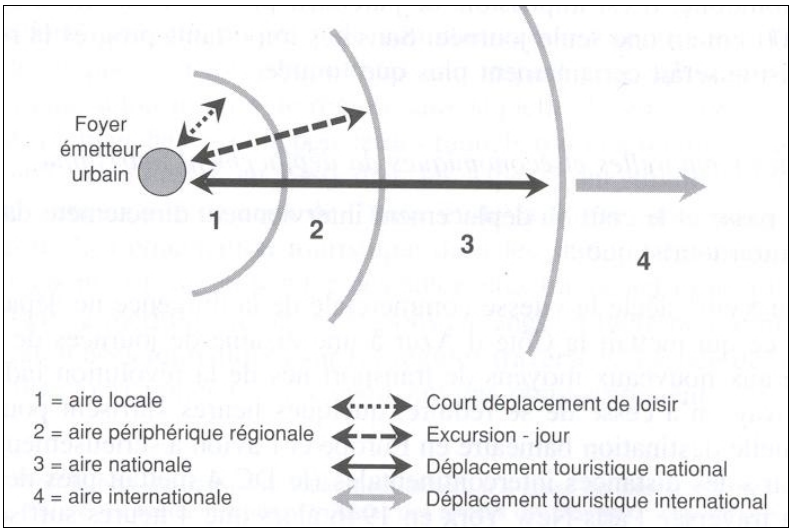


Figure 9 : Répartition radioconcentrique des flux autour d'un point émetteur[82]

Pour G. Cazes[83], la variable discriminante essentielle de la différenciation spatio-temporelle des zones récréatives est le déplacement et sa durée "*délimite et scande les séquences touristiques : quotidien, court séjour, vacances... jusqu'au seuil de la migration permanente (quatre mois en général).*"

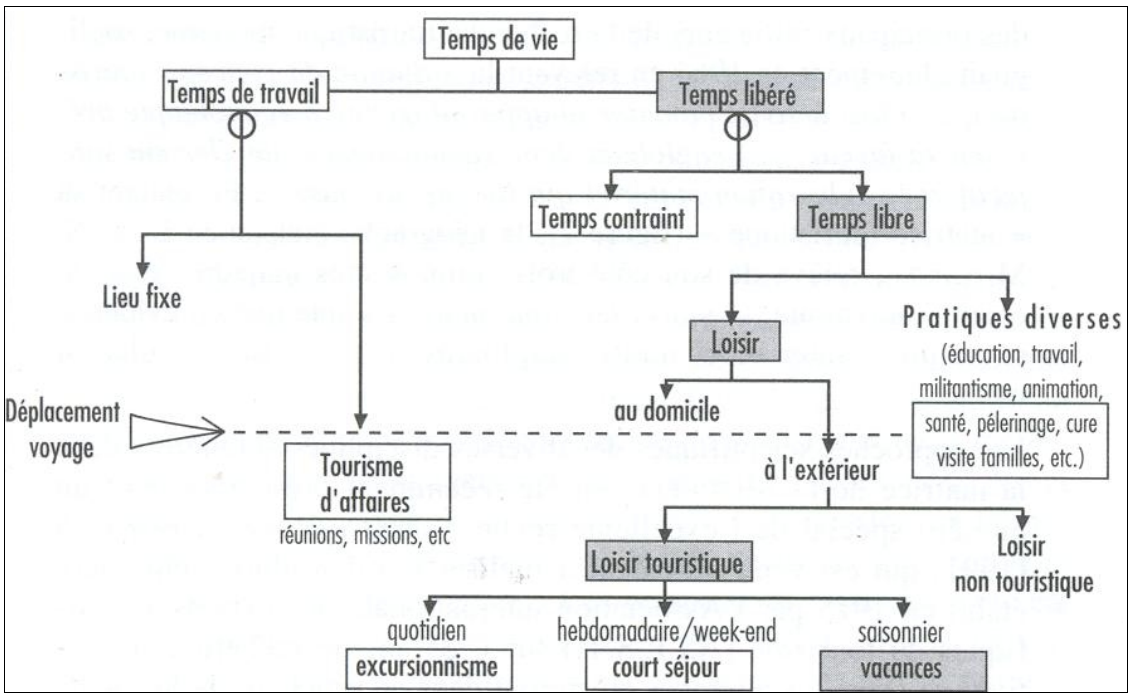


Figure 10 : Structure du tourisme et des loisirs[84]

L'organigramme, ci-dessus, laisse apparaître une approche autocentrée sur le type de loisir qui ouvre sur une différenciation de la durée du déplacement. Si on peut faire une réelle différence

[82] Lozato-Giotart (J.P.), "*Géographie* .... op. cit. p. 67.
[83] Cazes (G.), "*Fondements* ... op. cit. p. 6
[84] *Ibid.* - op; cit. p7

entre déplacements touristiques et de proximité, il n'en reste pas moins que nous sommes face à des territoires qui sont fréquentés par les deux types de populations. Le Corbusier[85], en 1942, fait remarquer que ces espaces affectés aux loisirs hebdomadaires sont mal reliés à la ville et insiste sur "*la création de réserves vertes : 1.autour des logis, 2. dans la région 3. dans le pays*".

2). Limite des formes et modèles de représentation des espaces de tourisme et de loisirs

Cette approche de détermination des espaces de loisirs a donné un certain nombre de représentations des espaces de loisirs et touristiques. Mais il n'existe pas, à notre connaissance, de modèle général de déplacements de visiteurs sur les espaces touristiques à l'exclusion de quelques cas spécifiques élaborés pour des situations particulières.

a). Les modèles de lieux

Si l'on reprend les quatre grands types de modèles de R. Brunet (généraux, régionaux, spécifiques, élémentaires), on s'aperçoit qu'une grande part des modèles présentés sont des modèles spécifiques, c'est-à-dire "*ce qui est modèle d'une organisation et d'une seule*". N'étant "*pas transportable, pas transposable,[..] il s'agit de comprendre la structure de l'objet*".[86]

Ces modèles ne relèvent que du cas particulier faisant suite à l'analyse d'un site touristique. Ils restent difficilement transposables dans la mesure où ils ne traitent que d'un cas particulier avec tout ce que cela comporte. On reste alors dans le domaine de l'étude (cf. *Figure 11: Modèle de développement de stations touristiques*, page 55)

Ces modèles s'apparentent plus par analogie à des modèles de croissance urbaine. Il s'agit d'évaluer la croissance et l'évolution d'un site que l'on extrait de l'environnement dans lequel il s'inscrit, en sous-estimant son intégration dans un système régional.

On détermine ainsi l'expansion d'une station balnéaire ou d'hiver comme un objet qui ne doit sa croissance qu'à des processus économiques qui exploitent une ressource naturelle mise en valeur.

---

[85] Le Corbusier, "*La charte d'Athènes*", Editions de Minuit, Points essais, 1957. p 58 (33ième point de la Charte).
[86] Brunet (R.), "*La composition des modèles dans l'analyse spatiale*", l'Espace géographique, Tome IX, n°4, 1980. p. 253-265.

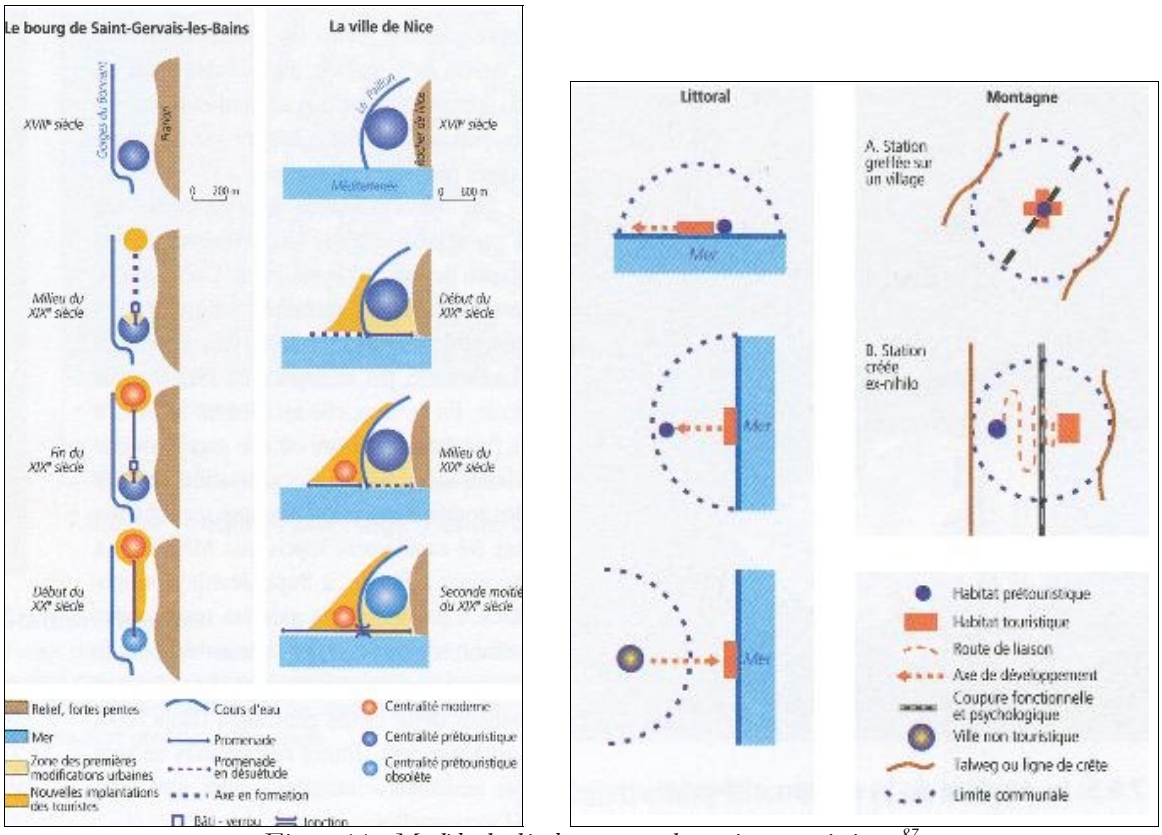


Figure 11 : Modèle de développement de stations touristiques[87]

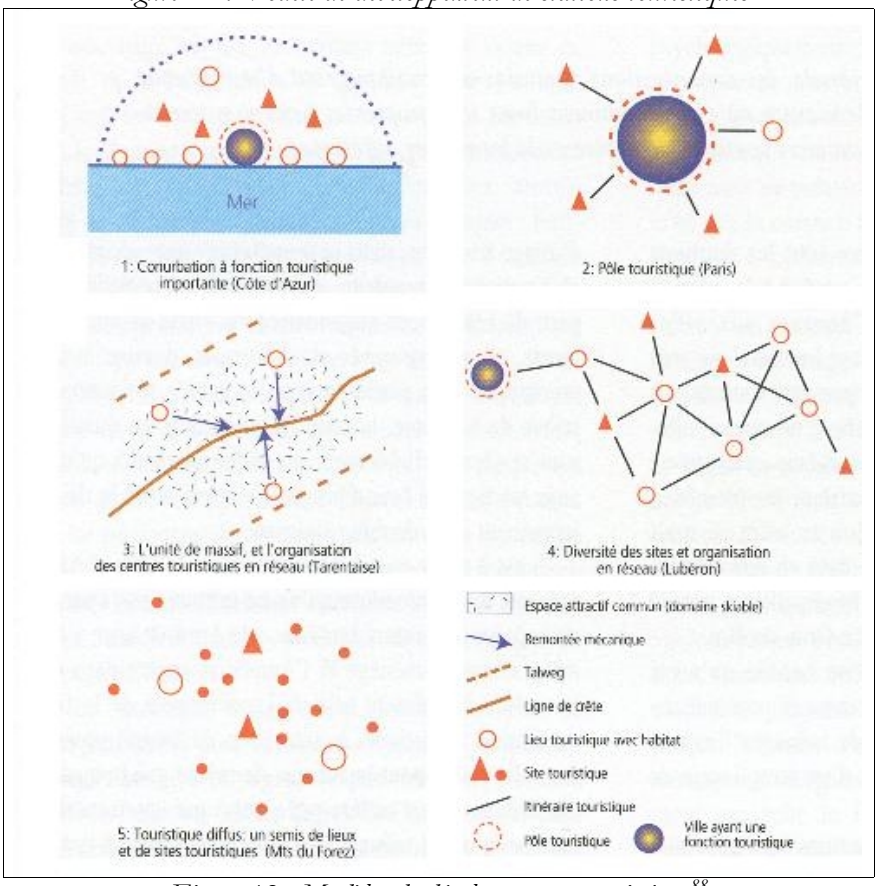


Figure 12 : Modèles de développement touristique[88]

[87] Knafou (R.) "*Atlas du tourisme* ..., op. cit. p. 116.

b). Création des lieux touristiques, un projet économique

Dès lors doit-on parler de développement touristique ou de développement urbain sous l'impulsion d'une activité économique : développement d'une zone d'activité qui vend un service marchand ouvrant sur des activités payantes (produit ski pour les stations d'hiver) ou gratuites (type plage pour les stations balnéaires) ?

Une station de ski ou balnéaire n'est rien d'autre qu'une localisation d'une activité économique sur une zone spécifique qui permet d'offrir, à une clientèle, des services liés à une activité (hébergement, activités...) délocalisée ou transférée sur un espace sous certaines contraintes de temps et d'accessibilité par rapport à une zone urbaine concentrant la clientèle.

De plus, si l'on décide d'analyser ces types de développements, on peut très bien le faire en utilisant des méthodes et des modèles d'urbanisation classiques issus des théories de la localisation et de la diffusion d'un service en fonction d'une population désireuse de consommer un type de produit.

La demande et la ressource naturelle sont situées et localisées géographiquement et cette dernière ne peut être transformée et consommée que sur place. Toute la problématique du développement des sites touristiques se fera en fonction d'un produit (bien ou service) qu'il est possible d'offrir à des consommateurs qui vont se déplacer.

Le tourisme est un produit situé, c'est dans ce sens qu'il est assujetti à la présence d'une activité productive qui ne peut être délocalisée par rapport à une ressource naturelle, culturelle (ou tout autre type de patrimoine)[89]. On ne déplace pas les montagnes !

Le déplacement sera alors analysé comme un coût que les consommateurs sont prêts à dépenser pour aller visiter et consommer des activités.

3). De l'approche unipolaire à l'approche multipolaire

Les aires spatiales des loisirs, décrites ci-dessus, permettent d'analyser les comportements et les pratiques récréatives d'une population au départ d'un lieu d'émission qu'est une ville. C'est une approche qui privilégie la demande récréative à l'offre spatiale, cette dernière apparaît

---

[88] *Ibid.* - p.120.

[89] On consomme l'offre d'un produit complémentaire d'un bien naturel gratuit et non déplaçable. Par exemple, on ne paie pas la descente d'une piste de ski mais le produit complémentaire nécessaire pour le consommer, la remontée mécanique et à travers elle le damage, la signalétique de la piste et la sécurité. On consomme donc des

seulement comme une variable explicative du déplacement. Les analyses de déplacements qui répondent à cette typologie spatiale sont basées sur des schémas d'un espace urbain unipolaire.

Or en géographie urbaine, nous parlons de plus en plus de réseau de villes et d'armature urbaine. Ces ensembles structurent l'espace non seulement par la localisation mais aussi par la position (au sens de Perroux) que possèdent les agglomérations les unes par rapport aux autres sur les réseaux qui les relient.

Dans ces conditions, les villes sont plus ou moins proches ou enclavées et les espaces interstitiels, créés par les réseaux, sont alors sous influence plus ou moins forte de telle ou telle ville, ce qui fait que les trois types d'espaces de loisirs (quotidiens, hebdomadaires, saisonniers) se trouvent être confondus.

En effet, nous avons vu précédemment qu'il y avait mixité des visiteurs (vacanciers et régionaux) sur les sites naturels. Chaque espace est alors fréquenté par ces deux types de populations qui se localisent sur les mêmes espaces naturels, ce qui fait que déterminer un espace de déplacement quotidien, hebdomadaire et saisonnier laisse supposer qu'il existerait sur le même espace naturel des superpositions d'espaces en fonction des types de consommation.

Dans la pratique, on observe des espaces de loisirs qui sont, à la fois, des espaces quotidiens, hebdomadaires et saisonniers. Les espaces naturels, à proximité de grandes villes, sont fréquentés à la fois par des vacanciers venus de la France entière et des citadins des agglomérations voisines.

Donc, si l'on reprend tous les schémas précédents et si on les complète en y ajoutant plusieurs points urbains d'émission afin d'obtenir une vision multipolaire des déplacements, la typologie devient inadéquate car on ne peut plus différencier les espaces en fonction de l'origine des visiteurs mais seulement par la pratique des différents types de visiteurs.

On peut alors considérer qu'il existe un espace récréatif défini par ses caractéristiques spatiales et non pas uniquement en fonction de la provenance des visiteurs et du type de temporalité des déplacements.

services liés à l'utilisation effective d'une activité gratuite.

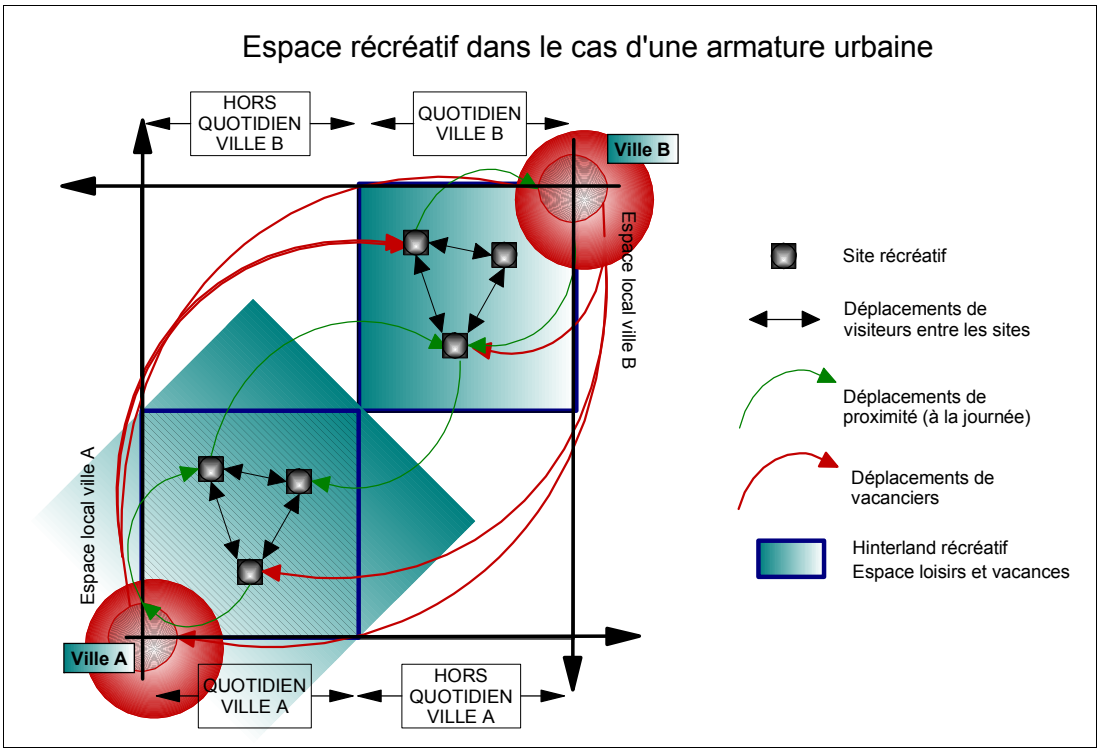


Figure 13 : Mixité des populations et schéma de consommation des espaces récréatifs

Cette temporalité, qui semble être différente entre les deux types de visiteurs (touristes et résidents) et qui fonde la différentiation des formes de consommation des temps libres, peut être révisée et complétée par la prise en compte d'un espace - temps à la journée.

Cette notion plus fine place alors l'étude des déplacements plus en amont et plus orientée sur les modalités et les pratiques récréatives sur l'espace et non sur l'origine des visiteurs. Dès lors la détermination des espaces de loisirs passerait par la définition d'un espace récréatif offrant un échantillon de sites plus ou moins attractifs et accessibles pour des populations qui se déplacent sur un espace naturel régional.

4). Les séquences de déplacements communes

Si l'étude des déplacements est complexe, le résultat du processus de déplacement dans une journée est par contre linéaire : résidence - déplacement voiture[90] - stationnement - visite. Et quel que soit le type de visiteurs - résident ou vacancier - tout déplacement vers et sur un espace naturel peut être décomposé sous cette forme, en général un site naturel est un espace

[90] Les déplacements voiture représentent le principal mode de transport motorisé pour accéder aux différents espaces naturels. Le besoin échéant en fonction de caractéristiques locales, on pourra tenir compte d'autres modes d'accès sur les espaces naturels, bus, transport en commun, motos...

peu construit dans la mesure où il possède un minimum d'équipements (parking, auberge...).

Si l'on considère qu'un vacancier est un individu qui a changé de résidence pour ses congés, il est alors possible de penser que son espace vacances devienne alors un espace de déplacement au quotidien[91] pour la durée de son séjour. C'est-à-dire que l'on peut fondre les deux types de population, vacanciers et résidents, dans un même ensemble de visiteurs qui se retrouvent sur les mêmes espaces. Cette approche nous permet d'obtenir une unité de mesure commune à tous les types de déplacements : le déplacement à la journée.

S. Chardonnel montre, à partir de l'analyse des budgets-temps des individus dans une station touristique de montagne (Valloire), que les touristes ne rompent pas avec les habitudes qu'ils possèdent, "*Ces résultats démontrent le paradoxe de la recherche de pratiques quotidiennes dans les moments où l'on déclare vouloir rompre avec le quotidien*"[92].

Ces résultats sont d'autant plus importants pour notre recherche, qu'ils sont en parfaite cohérence non seulement avec l'étude de fréquentation du Parc National des Ecrins (1991)[93] mais aussi avec celle que nous avons menée sur les Hautes Vosges[94].

Elles montrent une mobilité importante des visiteurs qui utilisent leur véhicule personnel pour se rendre sur les lieux de visites, ce qui est indispensable pour aller visiter le Parc National des Ecrins qui ne possède pas de structure d'hébergement, à part quelques refuges.

Pour les résidents ou les vacanciers, il y a toujours un déplacement qui a pour origine le lieu de la résidence. Ce déplacement peut être nul si le visiteur réside sur le site même. Mais ce qui fait généralement la caractéristique et surtout l'attractivité d'un milieu "naturel", du moins dans l'esprit des gens, c'est l'aspect naturel non habité et non construit.

Même pour les stations touristiques qui se trouvent sur une zone naturelle (haute montagne, villages vacances balnéaires) l'une des particularités du vacancier est sa mobilité, il utilise sa voiture pour visiter les sites de la région, l'hébergement représente aujourd'hui un point d'ancrage.

---

[91] Et hebdomadaire, dans la mesure où les touristes visitent plusieurs sites différents et n'y reviennent pas une seconde fois dans leur séjour.
[92] Chardonnel (S.), "*Emploi du temps*.et de l'espace. pratiques des populations d'une station touristique de montagne", Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble I, 1999. p. 183
[93] Parc national des Ecrins, *"La fréquentation touristique"*, Documents scientifiques du Parc National des Ecrins, n°4, 1992.
[94] Decoupigny (F.), "*Etude de fréquentations*...op. cit.

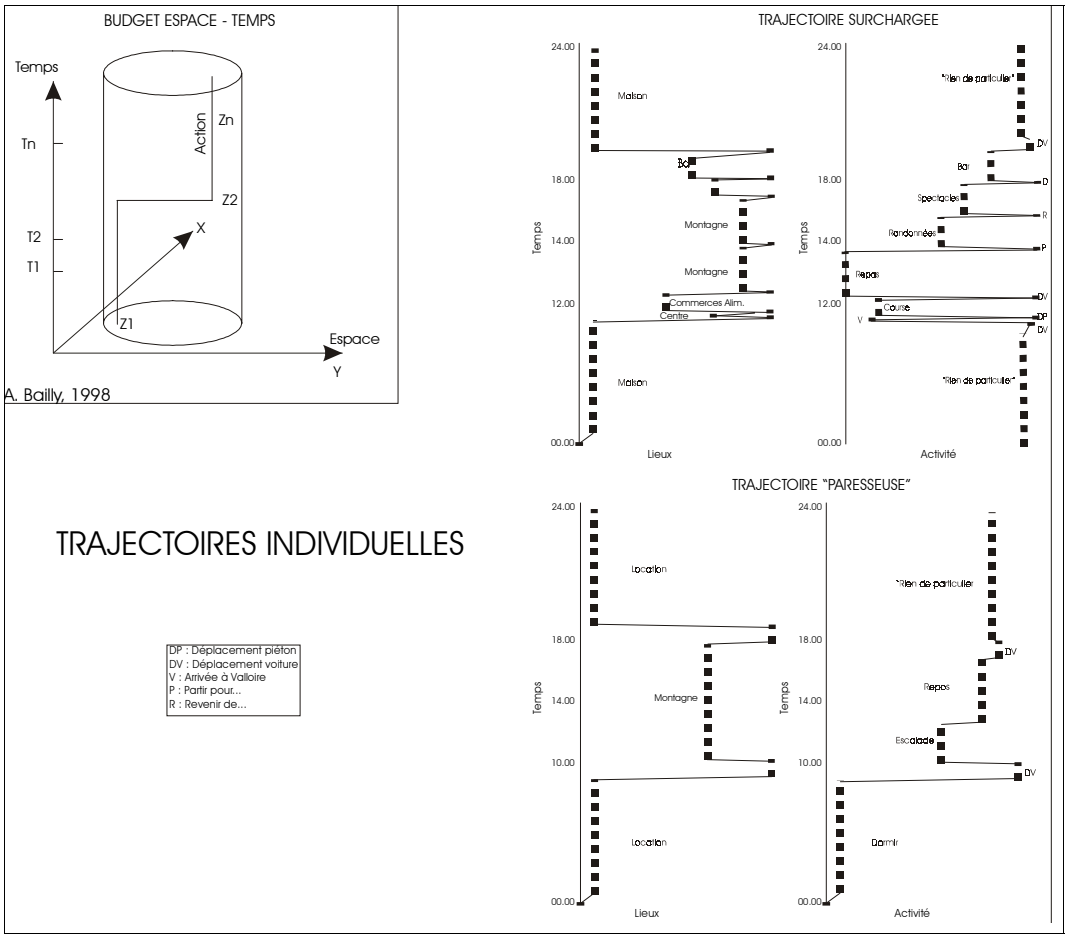


Figure 14 : Schéma du budget-temps des touristes sur la station Valloire[95]

5). De la différenciation vacanciers, population locale

Nous ne faisons pas un amalgame entre vacanciers et résidents, mais nous tenons à montrer qu'en matière d'aménagement du territoire un problème se pose. Premièrement en matière de protection de l'environnement, les impacts sur les milieux naturels ne se différencient pas en fonction du type d'individu mais par la charge écologique[96]. Il est à noter qu'à cet effet l'impact ne sera pas le même selon qu'un promeneur pratique un circuit en boucle ou un aller-retour (le second induit une double charge sur le milieu), si le visiteur s'éloigne ou pas, reste sur les sentiers ou pas. En second lieu, si être vacancier ou résident ne prédétermine pas un type de comportement particulier sur le milieu, à la rigueur cette différenciation peut intervenir sur le choix du site visité, la population locale étant susceptible de fréquenter des sites différents car

[95] Chardonnel (S.), "*Emploi du Temps* ...., op. cit.

[96] Impact provoqué par un visiteur sur un milieu naturel spécifique. L'ensemble des fréquentations implique une charge totale qui va engendrer des impacts si elle est supérieure à la capacité de charge écologique du milieu naturel. La capacité de charge écologique est le niveau maximum de fréquentation que peut supporter sur le plan

elle peut posséder une meilleure connaissance de la région et rechercher ainsi des sites moins fréquentés.

Mais là encore, il s'agit d'une présupposition, généralement les espaces les plus fréquentés sont des espaces exceptionnels qui plaisent à tout le monde et attirent autant le connaisseur que le néophyte. Ce que nous avons observé, c'est plutôt le choix du parking qui pouvait se différencier, c'est-à-dire que l'accessibilité au site pouvait changer en fonction de l'origine des visiteurs, les locaux pouvant connaître des zones de stationnement sous utilisées, qui sont généralement des parkings un peu plus éloignés du site naturel, qu'on dit fermés, (dans une forêt, sous une paroi rocheuse, en fond de vallée...), qui n'ouvrent pas directement sur le site, c'est-à-dire que l'on ne voit pas le site du parking. Mais là encore, aucune corrélation statistique permanente, se vérifiant sur d'autres espaces, n'est venue corroborer ces observations.

De plus, rien ne prouve qu'un résident permanent connaisse mieux l'espace naturel qu'un touriste. Comme nous l'avons vu précédemment, bon nombre de visiteurs locaux sont issus des villes, ils ne connaissent pas plus les milieux naturels de leur environnement qu'un vacancier amoureux de la région qui vient régulièrement passer des congés sur le même espace et qui totalise, sur plusieurs années, une connaissance certaine de la région et du "petit coin sympa".

Cette différenciation que l'on fait entre un résident permanent qui fréquente de préférence des sites isolés et sauvages et des vacanciers qui s'agglutinent sur des sites surpeuplés, sous couvert d'un "tourisme de masse", n'a aucune valeur scientifique[97]. Ces types d'hypothèses sont énoncés pour servir des conclusions, et n'ont aucune propriété de généralité contrairement à ce que l'on peut supposer. Nous pensons qu'elles sont dangereuses car elles servent un discours partisan sur les formes de répartitions des visiteurs sur les espaces.

Il existerait alors des secteurs de fréquentations intensives de touristes qui justifieraient des investissements lourds et une certaine privatisation de l'espace public (accès payant, parcs ou bases loisirs...) et des secteurs de fréquentations extensives d'une population locale qui jouirait de son espace gratuitement en toute tranquillité. Le comportement des visiteurs, analysé en fonction de l'origine géographique de la résidence principale, n'est donc pas une hypothèse que l'on retiendra, la visite de sites sauvages relève plus d'un état d'esprit, d'une idée de la

physique et biologique un milieu naturel sans subir de dégradation irréversible.

[97] Nous n'avons pas de corrélations statistiques sur les espaces analysés, ni de modèles théoriques qui puissent confirmer de façon normative une telle affirmation.

nature, donc d'une certaine perception cognitive des paysages naturels que d'une quelconque origine géographique.

Conclusion

Il est incontestable que les activités récréatives possèdent une dimension spatiale, mais parler d'espace "touristique" apparaît difficile, tant cette notion de tourisme est elle-même mal définie, serait-ce alors un espace économique, un espace de diffusion, un espace patrimonial. Henri Lefebvre[98] définit davantage un *"espace spécifique produit par des forces s'y déployant (forces productives) en une pratique spatiale. Ce qui inclurait des "propriétés" – dualité, symétries – qu'il ne faudrait imputer ni à l'esprit humain, ni à un esprit transcendant, mais à "l'occupation" elle – même de l'espace.."*.

Comme nous l'avons vu précédemment, les sites touristiques sont tous, à l'exception de quelques lieux (parcs d'attractions), des espaces qui préexistaient et qui ont connu une réaffectation de leur activité d'origine. La route des crêtes sur le massif des Hautes Vosges est à l'origine une route militaire qui desservait la frontière franco allemande de 1870 qui suivait la ligne de crêtes, elle est devenue aujourd'hui une véritable artère de desserte des espaces naturels.

Lorsqu'une politique de développement "touristique" est lancée, on parle de mise en valeur des potentiels existant sur un territoire, on cherche alors à déterminer les lieux attractifs d'un futur espace afin de faire la promotion d'une route touristique, d'un pays, d'un ensemble patrimonial.

Dans ces conditions, peut-on parler de l'émergence d'un espace touristique ou plus précisément d'un espace récréatif, c'est-à-dire un espace qui posséderait ses propres caractéristiques, ses niveaux d'organisation et sa propre structure qui viendrait se superposer aux espaces existants ? Si comme H. Lefebvre, nous pensons qu'un espace peut être défini par l'occupation spatiale engendrée par des pratiques sociales, alors il est possible de définir un espace de déplacement récréatif.

Cette nouvelle façon de "consommer" les espaces naturels de proximité (espaces naturels satellites : "ceinture verte", "coupure verte", PNR...) devenus de véritables parcs naturels périurbains ou plus précisément des espaces naturels satellites, a été accompagnée depuis la fin des années 1980, non seulement d'une nouvelle façon de concevoir les congés, mais aussi

d'une nouvelle façon de concevoir son espace quotidien et son cadre de vie.

On fractionne les vacances, on part plus et moins longtemps, on pratique des activités de plein air (balade, randonnée, VTT...). Il paraît alors évident que l'offre et la structure de l'espace "naturel" environnant les grands centres urbains vont déterminer certains types de déplacements et de pratiques spatiales des sites ouverts à la fréquentation.

La croissance des quantités de fréquentations sur les espaces naturels est parallèle à deux processus : la croissance du monde urbain et des réseaux de transport, ainsi qu'un nouveau rapport social entre l'individu et son espace quotidien.

Il existe donc une réelle nécessité, en tant qu'aménageur, d'aborder les phénomènes de déplacements et de fréquentations des espaces naturels récréatifs sous l'angle d'un processus qui relève d'une pratique récréative de proximité en considérant que le vacancier, lors de son séjour, s'approprie l'espace environnant comme un espace quotidien.

Les impacts engendrés par des pressions anthropiques sur le territoire, susceptibles de dégrader les milieux naturels, ne se différencient pas en fonction des origines géographiques des visiteurs. Il apparaît donc pertinent d'étudier ces déplacements comme des migrations récréatives journalières par analogie aux migrations alternantes (déplacements domicile – travail).

Il devient alors essentiel d'isoler et de définir des indicateurs de déplacements sur les espaces récréatifs et plus particulièrement sur les espaces naturels soumis aux pressions anthropiques - une nécessité d'autant plus grande que les outils prospectifs d'aménagement comme ceux de la géographie, de la sociologie et de l'économie ne sont pas adaptés aux comportements des pratiques récréatives et à l'engouement des citadins pour les loisirs de "nature".

[98] Lefebvre (H.), "*La production de l'espace*... op. cit. p. 200.

Chapitre 2. ORGANISATION DES DEPLACEMENTS SUR LES ESPACES NATURELS

Introduction

Nous rappelons que l'objectif de la recherche est de connaître les processus de répartitions des flux de visiteurs sur les espaces naturels, c'est-à-dire la diffusion de visiteurs sur un réseau de sites qui couvrent un espace naturel "homogène".

Nous assistons, depuis ces dernières années, à une consommation croissante des espaces naturels. Ces territoires sont identifiés comme des entités, à part entière, sur lesquels le visiteur est sûr de trouver des lieux qui correspondent à des activités récréatives bien définies, c'est-à-dire à une offre spatiale récréative "homogène". Il paraît évident que l'on ne vient pas sur le territoire du Parc National des Ecrins pour pratiquer des activités nautiques, et il est tout aussi évident que les zones littorales ne sont pas attractives pour leur offre de sentiers de grande randonnée.

Les visiteurs étant plus mobiles, c'est l'offre entière d'un espace qui contribue à son attractivité, on part en Bretagne, en Provence, dans les Alpes, en Auvergne, il est tout à fait étonnant de constater que dans la politique de communication des professionnels du tourisme, la "région naturelle" joue de plus en plus un rôle de marketing dans la vente d'un produit touristique, même Center Parc vend sa bulle tropicale en mettant en valeur l'environnement de la Sologne et la possibilité d'exercer d'autres activités, visite de patrimoine, tennis, randonnée VTT, équitation, promenade, etc..

Mais cette fréquentation est mal connue tant il est difficile d'obtenir des données quantitatives sur la mobilité des visiteurs qui se diffusent sur ces espaces. Mal connue car il n'existe pas de données généralisées de cette consommation récréative.

On peut connaître la fréquentation d'un site, mais il devient presque impossible d'avoir ces données sur l'ensemble d'un territoire régional, les seules études disponibles et rigoureuses qui portent sur l'ensemble d'un territoire sont issues des études de fréquentations des parcs

nationaux. Il existe, bien sûr, un nombre d'études sur bien d'autres sites mais elles répondent à des évaluations ponctuelles de la fréquentation. Lorsque l'on peut posséder plusieurs études de site sur un même territoire, il n'est pas possible, en mettant "bout à bout" ces études, d'en déduire une approche fine des répartitions des visiteurs, tout au plus un ordre de grandeur, pour la simple raison qu'elles ne sont pas réalisées aux mêmes périodes, ne respectent pas les mêmes protocoles de comptages, ne comptabilisent pas les mêmes données (enquêtes, comptages routiers, parkings...), et sont généralement réalisées par des organismes qui possèdent des stratégies de développement plus ou moins différentes pour ne pas dire antinomiques (*Figure 16: Des attractivités régionales variables*, page 70).

Cet état de fait a été analysé par P. Cuvelier[99] qui explique que le tourisme a été considéré comme un bien libre, produit en surabondance par la nature et associé à l'image d'un certain laisser faire et d'une auto-organisation, en d'autres termes comme un temps social qui appartient à l'individu.

Dans le premier chapitre, nous avons émis l'hypothèse qu'il pouvait exister un espace récréatif à part entière, sur lequel s'organisaient des déplacements de loisirs d'une population. Les résultats des études de fréquentation que nous avons menées sur les Hautes Vosges et les trois parcs normands ont été croisés avec d'autres études analogues qui ont été faites sur d'autres espaces (parcs nationaux des Ecrins et des Pyrénées, le Pont du Gard). Ces études ont pour objectifs d'analyser les fréquentations sur un espace naturel, en évaluant le nombre de visiteurs sur un ensemble de sites simultanément, afin d'avoir des données d'ensemble de la répartition des visiteurs sur un territoire naturel ouvert au public.

L'étude de fréquentation et la campagne de comptages ne sont pas venues pour entériner des recherches, mais ont été antérieures et ont servi de base à nos travaux de recherche sur la modélisation des déplacements de visiteurs sur les espaces naturels. En résumé, cette étude a permis de nous poser un certain nombre de questions concernant l'organisation des répartitions des flux de visiteurs sur un espace naturel.

Nous avons ainsi pu mettre en évidence un système d'interactions entre les différents éléments entrant en jeu dans la répartition des visiteurs sur les espaces naturels. Ce système a été décomposé en deux processus distincts : le choix de l'espace à visiter et le déplacement.

---

[99] Cuvelier (P.), "*Anciennes et nouvelles formes du tourisme. Une approche socio-économique*", l'Harmattan, Paris,1998.

Section 1. Des processus mal connus

A. Un problème d'aménagement du territoire

1). Problème méthodologique d'évaluation de la "mobilité régionale" du visiteur

a). Un problème d'évaluation global des déplacements

Nous connaissons, grâce à des enquêtes nationales et à des outils de suivi[100], les destinations en été et en hiver, région par région, la durée moyenne des séjours, le nombre de nuitées. Si ces connaissances sont suffisantes pour évaluer les grands traits d'une activité et son impact économique au niveau national et des grandes régions, elles sont toutefois très insuffisantes quant à la connaissance de la consommation touristique d'un espace régional nécessaire pour appréhender les impacts plus fins des pressions touristiques sur l'espace (impacts environnementaux, circuits pratiqués, transformation du réseau par l'apparition de nouveaux sites fréquentés, taux de remplissage des parkings).

Or actuellement, la principale source de données des fréquentations de visiteurs d'un territoire se fait sur des bases et des hypothèses de comptages de vacanciers ou bien par des comptages routiers qui ne différencient pas l'origine des flux. Pour exemple citons les données et études publiées par des organismes spécialisés (CCI, DRT, CRT, CDT, OT) ou le Secrétariat d'Etat du Tourisme concernant les fréquentations qui se révèlent être, pour la plupart, des études sur la capacité d'hébergement et le taux de remplissage, le recensement des entrées des activités possédant une billetterie ou toute autre redevance et pour certains sites ouverts de quelques comptages routiers sur les accès. La difficulté à évaluer les formes de déplacements touristiques sur un territoire semblent venir du fait que l'on considère souvent les quantités présentes comme étant de simples vacanciers puisque est considéré comme touriste, toute personne qui passe au moins une nuit hors de son domicile.

Il est alors difficile de voir apparaître les chiffres d'une fréquentation liée aux pratiques de temps libre des populations locales qui ne consomment pas les produits touristiques liés à l'hébergement.

[100] Observatoire National du Tourisme

b). Un flou quant à l'évaluation des visiteurs sur un territoire

Citons un exemple précis : le Secrétariat d'Etat au Tourisme et l'Observatoire National du Tourisme[101], évaluent à 287 millions le nombre de nuitées sur les régions méditerranéennes (Languedoc Roussillon, PACA et Corse) pour 1997 et la Direction du tourisme[102] estime le nombre de nuitées à 192.5 millions sur le même territoire en 1998. Que veut dire cette différence ? Finalement, pas grand-chose, tant il est difficile d'obtenir les protocoles de comptages et les définitions. Nous voulons bien croire qu'il peut exister des fluctuations d'une année à l'autre mais jamais dans ces proportions et sur une telle étendue. Mais ces résultats traduisent une chose, l'incapacité des pouvoirs publics à évaluer un phénomène de mobilité sur leur territoire. Une des raisons tient au fait que le tourisme et, par extension, les déplacements, ne sont analysés que sous l'angle économique. On tient absolument à évaluer l'impact économique du nombre d'individus passant au moins une nuit sur un territoire.

L'évaluation des fréquentations touristiques sur les Bouches du Rhône[103], réalisée par le CDT, est un autre exemple car il montre bien que l'on ne compte ni les populations locales (bien que l'on fasse allusion aux 1,8 millions d'habitants du département) ni les vacanciers qui occupent un hébergement sur le département. La méthode est basée sur des comptages des flux entrants et sortants du département (route, fer et air) associés à deux enquêtes de fréquentation, la première sur les hébergements qui permettent un suivi de l'activité hôtelière, la seconde sur des sites, musées, monuments, festivals, office du tourisme et point d'information touristique du département. Cela veut dire que l'on considère le touriste immobile dès qu'il a choisi le département. Comment classe-t-on un nîmois qui va en Camargue ? Comment différencie-t-on un Allemand qui réside sur le département et qui utilise ce lieu comme point d'attache pour visiter le littoral et l'arrière-pays? Connaître les quantités sans avoir d'information sur les modes de déplacements internes des vacanciers ou des résidents n'apporte rien de plus que de dire, "on a 3 millions de visiteurs et ils dépensent tant sur le département", nous serions tentés de dire : et alors ? Ce qui nous paraît intéressant, c'est justement de connaître la répartition des flux de visiteurs et leurs motivations de déplacement sur une journée au départ de certains points du territoire.

Une grande part des données sur le tourisme est à l'image de cet exemple. Lorsque l'on

---

[101] Carreno (M.), Marchand (F.), "*Evaluation par les flux : outil d'analyse touristique territorial*", Analyses et perspectives du tourisme, n°56, Observatoire du Tourisme, 1999. p. 103.

[102]Direction du Tourisme, Secrétariat d'Etat au Tourisme, "*Mémento du tourisme*", Obsernatoire National du Tourisme, 1999. p. 81

pratique des estimations de fréquentations d'un espace naturel "homogène"[104] qui sont le plus souvent des fourchettes allant du simple au double, on reste surpris par les quantités que l'on estime[105].

P. Cuvelier[106] montre que l'analyse économique a surtout été utilisée pour évaluer les retombées économiques sur un territoire. De ce fait, le marché économique a privilégié une entrée par la demande. Or pour bien comprendre le phénomène économique en jeu, il faut cerner ce qu'est un produit touristique. En reprenant des travaux de F. Munoz de Escola, le touriste est un individu qui établit "un plan de programme de déplacement" qui répond à la combinaison de trois éléments :

- La détermination du ou des lieux de destination en fonction d'un itinéraire routier et de la spécification de la route,

- La connaissance du temps de séjours et du temps de déplacements,

- L'estimation du nombre de dépenses et de la répartition de celles-ci selon les différents postes de consommation (logement, services, activités...).

Au regard des différentes études sur le phénomène touristique en vue d'aménager l'espace, on constate pour la grande majorité d'entre elles, qu'il ne s'agit que d'un constat qui porte seulement sur les formes de consommation d'un produit vénal. C'est-à-dire que les processus de répartition des visiteurs sur un espace ne sont pas abordés dans la perspective de connaître les causes des répartitions, à savoir les déplacements, mais ne sont que des radiographies de l'état d'une fréquentation touristique à un moment donné. L'exemple le plus probant peut s'illustrer avec la façon dont les observatoires du tourisme sont élaborés et n'aboutissent qu'à être des catalogues de la consommation de produits touristiques types (hébergements, musées, principaux sites possédant une billetterie...).

c). Un territoire fragmenté

Les territoires touristiques s'étendent souvent sur plusieurs départements et régions. Ces différentes entités territoriales n'ont pas toutes les mêmes objectifs de développement, ce qui a

[103] Carreno (M.), Marchand (F.), "*Evaluation par les flux*... op.cit. p. 75.
[104] Espace ou entité géographique possédant une offre du produit touristique homogène.
[105] A titre d'exemple, l'estimation du Plan de Protection et de Mise en Valeur des Hautes Vosges (PPMVHV) a évalué sur le massif des Vosges entre 10 et 15 millions le nombre de visites par an.

pour conséquence de ne pas traiter les problèmes spatiaux de la même façon. Le traitement de l'information diffère donc en fonction des enjeux territoriaux (stratégie territoriale).

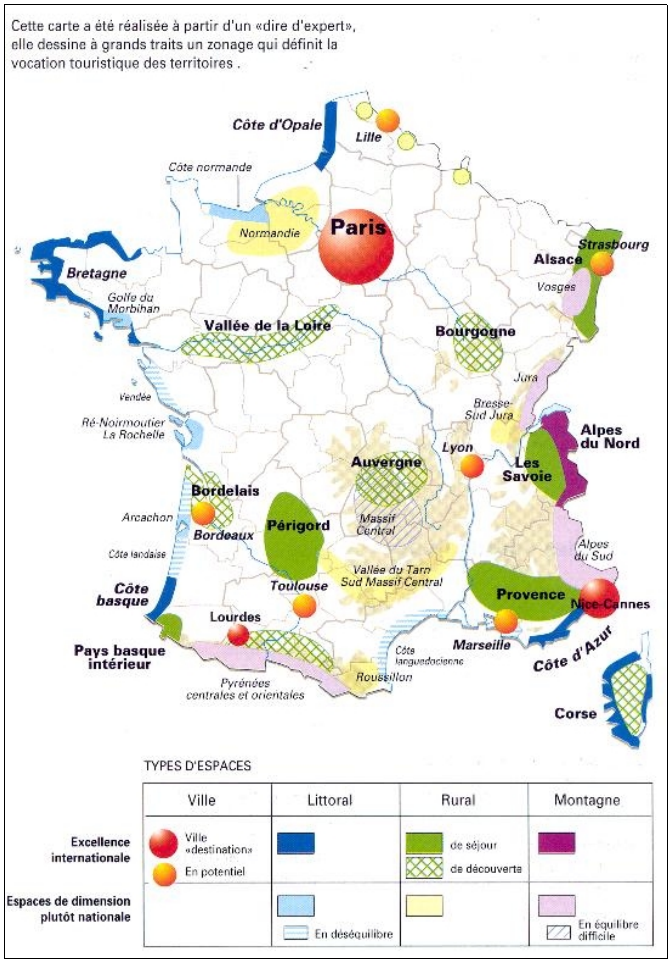


Figure 15 : Attractivité touristique du territoire français d'un "expert"[107].

Il en résulte une multiplicité d'informations difficilement exploitables car elles ne se placent pas sur les mêmes échelles de temps et d'espace et répondent rarement aux mêmes protocoles d'observations.

Lorsque l'on tente de dresser une liste des organismes qui s'occupent de développement touristique qui trouve-t-on ? L'ensemble des collectivités, des chambres consulaires, des associations de gestion d'espaces naturels protégés et bien sûr l'Etat. En résumé tout le monde, un foisonnement qui rend d'autant plus difficile une gestion cohérente des loisirs sur

[106] Cuvelier (P.), "*Anciennes et nouvelles*... op. cit.
[107] 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.

un territoire. L'exemple le plus probant tient seulement en une carte.

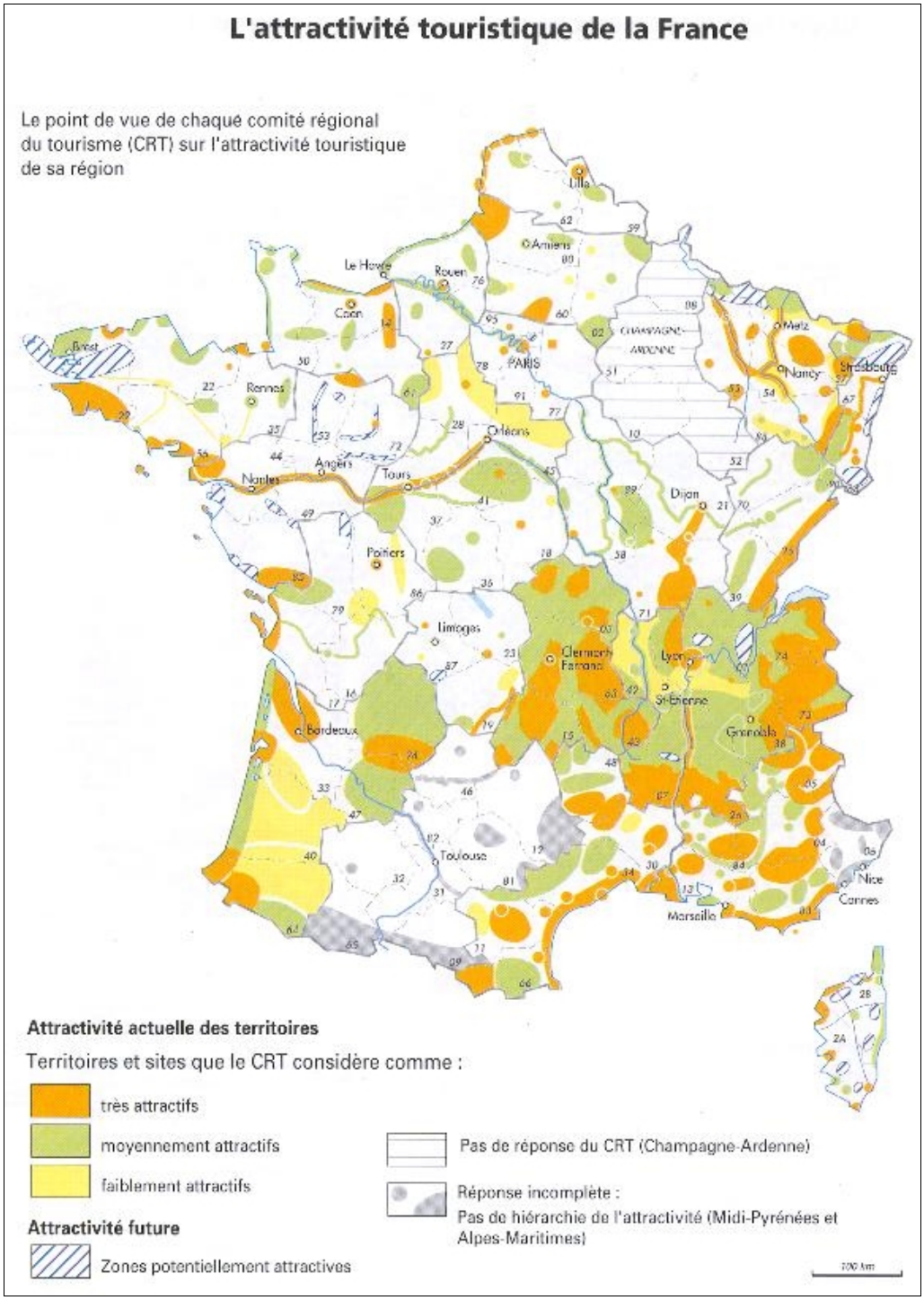


Figure 16: Des attractivités régionales variables[108]

Au regard de cette carte, on s'aperçoit que les acteurs des régions voisines n'ont pas tous la même image de l'attraction touristique de l'espace. Dans ce cas comment penser que les

politiques d'aménagement liées au développement du tourisme et des loisirs puissent être cohérentes si les acteurs, gérant le développement touristique, possèdent une grande disparité des perceptions des attractivités de leurs territoires.

d). Le cas français

Le phénomène touristique / loisirs a surtout connu un développement monolithique orienté sur les retombées économiques du tourisme sur un territoire. Nous pensons que cet état provient du fait que la France n'a jamais dû faire un effort sur l'attractivité de son territoire et développe son économie touristique comme une "ressource naturelle" en abondance. Le patrimoine naturel et historique de la France est jugé unique de par sa diversité d'offre sur un si petit territoire, cinq massifs montagneux, 3000 kilomètres de côtes, plusieurs climats différents. Occupés et exploités de façons différentes par les groupements régionaux, ils produisent une multitude d'espaces avec des caractéristiques territoriales très marquées. Cette densité représente en elle-même une attractivité.

Le "Got in Frankreich"[109] marque la politique du tourisme et des loisirs dans notre pays, on gère une abondance. On part à la pêche aux touristes ; comment capter les Européens du nord qui traversent la France pour aller en Italie ou en Espagne. Alors on équipe le territoire, on aménage sans pour autant connaître les processus de déplacement des touristes, on sait qu'ils passent sur certaines routes et on pense que la création d'un équipement sera suffisante pour capter le touriste. On parle même d'une "économie de cueillette"[110]. Une certaine désinvolture marque les politiques de développement touristique, et cela est vérifiable pour les collectivités locales qui pensent qu'il suffit d'avoir un quelconque patrimoine pour en faire un haut lieu du tourisme.

Les exemples des états nord américains (USA et Canada) et de l'Australie sont diamétralement opposés. Ces pays sont relativement excentrés par rapport au grand foyer émetteur qu'est l'Europe et ont dû développer des stratégies commerciales basées sur des travaux de recherche plus approfondis afin de comprendre les motivations des touristes et les processus de déplacement. Si pour un Allemand le déplacement en France est facile, aller aux Etats-unis est un voyage qui ne s'improvise pas, les distances s'inscrivent plus sur des échelles mégamétriques. Pour ces pays, développer le tourisme, c'est avant tout comprendre ce que le

---

[108] *Ibid.*
[109] Expression allemande qui signifie, "Heureux comme dieu en France".
[110] Remond (J.Y.), "*Le produit France reste encore à organiser* !", Espaces, n°158, mars 1999. p. 10-11.

touriste vient chercher, les formes de déplacements et la façon dont il consomme afin de pouvoir affiner son produit en fonction d'un visiteur qui habite à plusieurs milliers de kilomètres et qui va se déplacer sur de vastes étendues.

2). Le déplacement n'est pas l'objet étudié

Lorsque l'on s'intéresse aux phénomènes spatiaux liés au tourisme et aux loisirs, nous restons surpris par le caractère singulier des approches et de la démarche d'évaluation de ces phénomènes. On s'aperçoit rapidement que l'analyse de cette activité est compartimentée en plusieurs niveaux.

Les organismes traitant des loisirs et du tourisme étudient le phénomène en le décomposant soit en temps de séjours, soit en fonction des transports et de l'échelle du déplacement (déplacement international, national, régional, local à partir d'une station), soit en fonction des activités liées à un type d'espace (montagne, campagne, littoral). A chacune de ces approches correspond un marché économique, celui de la vente des séjours, celui des transports (aérien, ferroviaire, location de véhicules...), celui des stations touristiques et des pratiques de loisirs liées à des équipements.

Nous avons un produit économique consommé par des individus qui optimisent une fonction d'utilité, en somme une approche déterministe, où le caractère global est ramené à sa plus simple expression : le jeu de l'offre et de la demande où deux composantes brillent par leur absence : l'espace et le comportement.

L'offre existante sur un espace, est réduite à une simple enveloppe des activités et la demande, segmentée en fonction des CSP, où l'on apprend qu'il existe des comportements sociaux des vacanciers dépendant de critères de coûts et de pouvoir d'achat. Il ne faut pas être grand devin pour prévoir que l'on ne retrouve pas beaucoup d'ouvriers et d'employés dans les hôtels de la Croisette à 4 000 francs la nuit. Comme toute industrie, les politiques de développement dites touristiques ont souvent une stratégie commerciale bien établie (enquêtes clientèles, marketing et développement stratégique d'un produit). On part de la demande et on essaye de trouver un lieu où celle-ci peut être accueillie. Il est alors tout à fait normal de constater que les études de développement touristique, s'apparentent plus à des études de marché, que l'on parle plus de marketing et de concurrence que d'aménagement du territoire. Elles ont pour but de vendre un produit à des consommateurs que l'on aura attirés en les faisant se déplacer.

Si les déplacements des individus à des fins de loisirs de proximité sont peu analysés, c'est que

les professionnels du tourisme s'attachent aux 35 % de part de marché des 10 % d'individus qui font cinq séjours à l'année. R. Spizzichino[111] fait remarquer que 75 % des pratiquants sportifs disent dépenser moins de 1000 francs par an pour leur activité et que les Français n'ont pas l'habitude de payer pour des loisirs qu'ils estiment appartenir à l'espace public.

Pour des biens de consommation, les lieux de vente se localisent là où résident les populations, pour l'activité touristique, toute la difficulté consiste à faire venir les consommateurs sur le lieu de vente.

C'est-à-dire que le déplacement est intégré alors comme une contrainte de dissuasion sur le produit, il n'est pas analysé comme étant le moteur de la visite. Le développement de l'activité touristique n'apparaît pas comme la mise en valeur d'un territoire possédant un patrimoine, mais comme une activité qui tente de localiser et d'exploiter sur un territoire un bien suffisamment attractif pour compenser le coût du déplacement des touristes sur le lieu de consommation.

L'attraction de l'espace est première par rapport à l'exploitation économique qui se greffe dessus, même si elle se développe par effet de "feedback" (cf. Création des lieux touristiques, un projet économique, page 56). Il est donc d'autant plus nécessaire à l'analyse qu'elle reste globalement méconnue.

De plus, nous pensons que l'analyse spatiale quantitative des comportements de déplacements sur les espaces naturels est fondamentale pour comprendre les répartitions des visiteurs sur les espaces naturels. Ces déplacements gênèrent des pressions anthropiques qui dégradent les milieux naturels si aucune action d'accompagnement n'est entreprise.

3). Enjeux environnementaux

a). Une politique de préservation

Le problème des impacts de la récréation sur les milieux naturels ne s'est posé que récemment en France, dès que l'on s'est aperçu de l'engouement des visiteurs pour la découverte des espaces naturels.

Un premier constat peut être avancé sur le sujet tel qu'il a été traité en France en comparaison

[111] Spizzichino (R.), "Les marchands du bonheur"..... op. cit.

avec ce qui a été fait chez nos voisins britanniques. Une explication peut être trouvée dans les deux politiques distinctes de préservation des milieux naturels développées par les deux Etats.

En France la création des parcs nationaux s'est faite selon un objectif de préservation strict d'un espace naturel en veillant tout particulièrement à ce qu'ils ne soient pas habités[112] (sauf pour le parc des Cévennes) alors que la création des parcs nationaux et régionaux, au Royaume Uni, s'est faite sous un double vocable: "*conservation and recreation policies*". En d'autres termes les parcs ont la caractéristique, pour un certain nombre d'entre eux, d'être aux portes des centres villes et d'adopter une politique de conservation des milieux naturels tout en l'ouvrant à la fréquentation du public, c'est-à-dire que ces parcs sont devenus de véritables espaces récréatifs confrontés à de très fortes pressions anthropiques. Cette politique a induit, dès la fin des années 60, une somme considérable d'études sur les impacts des activités récréatives sur les espaces naturels.

Ces études ont fourni un ensemble de bases de données sur la quantification des impacts en fonction de la quantité mais aussi du type de déplacement afin d'aménager ces territoires[113].

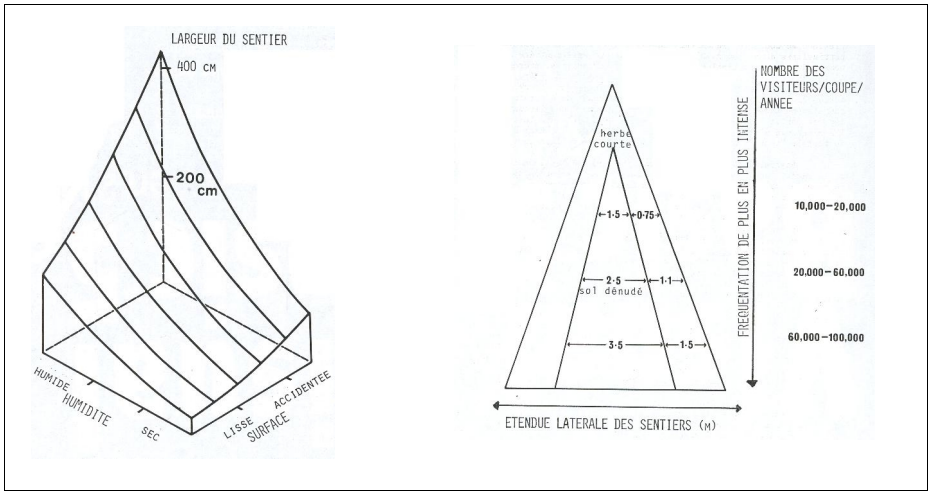


Figure 17 : Impacts sur les sentiers des flux de visiteurs[114]

La méthodologie tirée de l'écologie des plantes et des animaux ainsi que des sciences sociales a fait place à des méthodes originales d'analyses et d'enquêtes sur le terrain afin de quantifier les caractéristiques des ressources des milieux naturels et de la demande et établir des relations

[112] C'est aussi pour cela que la visite de ces espaces ne peut se faire que si l'on possède un moyen de locomotion individualisé et motorisé (voiture particulière ou bus).

[113] Satchell, "*Les effets de la récréation sur l'écologie des paysages naturels*", Collection sauvegarde de la nature n° 11,Conseil de l'Europe -1976.

[114] *Ibid.*

entre elles.

Les résultats pratiques de ces études peuvent se lire au travers de guides usuels d'aménagement de sentiers et autres fascicules destinés à l'entretien des espaces naturels[115].

b). Impacts des fréquentations sur les milieux naturels

Si le sujet n'est pas de traiter des impacts sur l'environnement, il n'en reste pas moins, qu'ils représentent un des éléments fondateurs de la réflexion que nous menons sur les déplacements des visiteurs sur les espaces naturels. Car comment peut-on évaluer des impacts si l'on ne connaît pas la quantité et les formes de répartition des populations sur nos milieux naturels. Les impacts sont de deux ordres. Le premier est évident, le site porte tatouées les quantités de visiteurs accueillis. Les effets sur la faune et la flore dépendent de la densité et des périodes de fréquentations des visiteurs par rapport aux périodes et aux temps nécessaires à la reproduction des populations animales et végétales. Les seconds sont plus insidieux car ils ont trait à l'organisation du territoire et aux politiques qu'ils induisent.

La gestion des flux de visiteurs sur les espaces naturels doit se faire sur deux niveaux. Le premier consiste à évaluer la répartition des quantités de visiteurs sur un territoire, et à partir des résultats obtenus, il devient alors possible, dans un second temps, de mener des études d'évaluation environnementales en traitant par corrélations statistiques des impacts observés et les comptages réalisés sur les milieux.

- Gestion des répartitions sur les sites d'un secteur géographique

Gérer la répartition des visiteurs suppose deux choses. La première de connaître le territoire à partir d'un diagnostic. Ceci peut apparaître simpliste, mais relève d'une méthodologie rigoureuse qui consiste à répertorier de façon exhaustive, sur le territoire en question, l'ensemble des sites fréquentés, les parkings (officiels et sauvages), les sites naturels et de procéder à une typologie de site afin d'effectuer des comptages (routiers, sentiers, parkings) et des enquêtes sur les lieux qui ont fait l'objet de comptages. La seconde consiste à partir des résultats obtenus, sous la forme d'un observatoire des fréquentations, de mener des études prospectives, dont l'objectif est de tester des partis d'aménagement en vue de réorienter des flux afin de délester certains sites de la pression touristique. Ces opérations d'aménagement

[115] British Trust for Conservation Volunteers, "*Footpaths; a pratical handbook*" 1983.

peuvent prendre diverses formes : action sur des sites (création d'une UTN[116]), action sur les parkings (calibrage du nombre de place, relocalisation, suppression), action sur le réseau routier (fermeture et ouverture de routes, pour réorienter les flux sur un site plus résistant, signalisation avec la mise en place de la promotion d'une route touristique).

- Gestion des fréquentations sur un site

L'une des caractéristiques fondamentales des impacts réside dans des phénomènes de seuils qui rendent l'offre naturelle des espaces très rigide. Au-delà de ces seuils, on constate souvent une irréversibilité des impacts engendrée par la pression anthropique. Il ne suffit donc pas de dire qu'il existe tant de visiteurs sur un site, encore faut-il posséder des informations sur les formes de déplacements des visiteurs sur les espaces naturels afin d'avoir une approche spatialisée des impacts en fonction des capacités d'accueil au vu des capacités de charge écologique des milieux naturels.

B. Enjeux opérationnels

1). L'aménagement du territoire : une problématique dans un contexte

Nous possédons plusieurs définitions qui présentent l'aménagement du territoire et de l'espace comme une discipline orientée vers l'action.

P. Merlin et F. Choay[117] définissent l'aménagement comme "l'e*nsemble d'actions concertées visant à disposer avec ordre les habitants, les activités, les constructions, les équipements et les moyens de communication sur l'étendue du territoire*". Une définition qui fait apparaître l'aménagement comme une discipline opérationnelle orientée vers et pour l'action d'organiser, complété par le mot territoire, il devient alors "*l'art ou la technique de disposer avec ordre, à travers l'espace d'un pays et dans une vision prospective, les hommes et leurs activités, les équipements et les moyens de communication qu'ils peuvent utiliser, en prenant en compte les contraintes naturelles, humaines et économiques, voire stratégiques*".

La définition du STU sur les fiches d'orientation est sans ambiguïté et précise que "*l'aménagement opérationnel au niveau communal comprend l'ensemble des opérations qui visent à la réalisation de quartiers nouveaux, la réhabilitation ou l'adaptation de l'existant, la création d'équipements et*

[116] UTN : Unité Touristique Nouvelle.
[117] Merlin (P.), Choay (F.), "*Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement du territoire*", 2de édition, PUF, 1996. p. 35.

d'espaces publics".

Sont introduites les notions d'espace et de temps, qu'impose la *vision prospective* de l'aménagement du territoire, c'est-à-dire la possibilité d'anticiper sur les transformations possibles de l'espace, sur "l'action d'organiser", nous pouvons alors dire que cette action s'apparente à une prescription. L'aménagement du territoire implique alors la notion de planification de l'espace. Il devient un acte fort qui s'exprime par un acte de pouvoir et d'autorité sur l'espace dont l'objectif est plus ou moins nuancé en fonction des politiques plus ou moins libérales que possèdent les décideurs sur un territoire.

J. P. Gaudemar[118] définit l'aménagement du territoire "*comme l'art, à la fois, de disposer justement un territoire et d'en disposer efficacement - retrouvant en cela la dialectique efficacité - équité qui fonde toute politique économique - cela ne saurait se faire sans un minimum de représentation conceptuelle*". L'aménagement, comme toute autre pratique, a besoin d'outils spécifiques. La dimension prescriptive et prospective de l'aménagement impose à son praticien d'élaborer des outils de mesure ou plus précisément des outils d'aide à la décision, pour analyser soit l'évolution de phénomènes territoriaux dans le temps et l'espace soit l'impact d'un projet d'aménagement sur un territoire donné.

Mais cette dimension technique n'est pas la seule, il existe une dimension éthique[119] de l'aménagement du territoire, que l'on pourrait définir à travers une dimension philosophique et politique de concevoir un acte de pouvoir sur un territoire et ce que doit être un aménagement pour les citoyens. Car le fond du problème se situe à ce niveau, on n'aménage pas pour le territoire, on aménage le territoire pour les femmes et les hommes. Dès lors on peut le faire avec plus ou moins d'équité spatiale et d'égalité sociale.

G. Dupuy[120] définit l'aménagement du territoire comme une action volontaire et rationnelle sur l'espace pour le bien commun. Cette définition est partagée par le Professeur Philippe Mathis[121] qui la complète en introduisant une notion d'insatisfaction qui ouvre sur l'action et les techniques nécessaires pour résoudre les dysfonctionnements territoriaux, "*l'aménagement résulte d'une insatisfaction relative de l'état d'un territoire ou de son évolution, l'aménagement a une origine*

---

[118] Gaudemar (J.P.) "*L'aménagement du territoire*"*in* Encyclopédie de géographie, sous la dir. A. Bailly, R. Ferras et D. Pumain, Economica, Paris, 1992. p. 1023

[119] Martouzet (D.). "*Recherche sur le fondement de l'éthique de l'aménagement*"- Université François Rabelais, Tours, 1993.

[120] Définition donnée lors d'une leçon "Espace et aménagement" au dixième SEDER (Séminaire européen des doctorants en économie régionale) de IERSO à Bordeaux en juin 2000 (à publier dans un prochain numéro de la RERU).

normative et sa pratique participe de la science et de l'art". Cette définition dépasse le cadre d'une définition technique d'une discipline. Elle montre que l'aménagement du territoire relève d'un débat politique et philosophique sur la façon dont les actions sur l'espace public sont à concevoir et l'esprit dans lequel elles se font.

2). Tendances globales des aménagements touristiques et de loisirs

Aujourd'hui, on peut parler d'une approche libérale de l'aménagement, concession de gestion, privatisation de secteur public où des intérêts non négligeables sont en jeu. Enjeux qui portent sur des besoins élémentaires du citoyen, l'accessibilité du territoire, l'eau, la santé publique, les transports...

Les politiques de développement touristique tendent aussi vers cet état de fait : faire payer l'accès au domaine public, multiplication des plages privées sur le littoral, villas sur le domaine public maritime, péage à l'entrée de certains espaces naturels. Le tout accompagné d'une dialectique non innocente dans les études, cette propension à toujours mettre en valeur, dans les études clientèles, la fréquentation des catégories sociales supérieures, gage d'un retour sur investissements rapides en montrant aux investisseurs et aux banquiers que les fréquentations sont le fait de populations possédant un fort pouvoir d'achat. Cette dérive est induite par des méthodologies d'évaluation qui ne prennent en compte que les vacanciers (fonction touristique d'une commune, nombre de nuitées...). Or on sait que les classes sociales supérieures partent plus souvent en séjour. Il est donc tout à fait normal de retrouver en plus grande proportion ces catégories dans les hébergements de vacances ou des espaces naturels suffisamment éloignés de grands centres urbains pour n'être fréquentés que par des vacanciers. Mais conclure que des espaces naturels sont plus fréquentés par tel ou tel CSP est un pas dangereux à franchir tant on a du mal à évaluer le phénomène de fréquentation des populations locales et à définir leur profil. Des études anglaises[122] ont montré qu'il existait moins de différence dans les pratiques récréatives qu'il n'y avait de couches sociales.

3). De la prospective et de la prescription en aménagement

Lorsque l'on met en place des opérations consécutives aux politiques d'aménagement du territoire, la plus grande difficulté de la prospective est d'en évaluer les impacts. Pour illustrer le propos nous allons décliner un exemple de "politique-fiction" de gestion d'un espace naturel

[121] Définition orale à l'occasion du dixième SEDER, juin 2000.

à la mode actuellement : faire payer le droit d'accès et de visite. Ce type de politique vise, grâce aux rentrées de liquidités, à assurer l'entretien d'un site. Deux impacts sont susceptibles d'apparaître.

Le premier pose le problème éthique de la privatisation d'un espace public et de son appropriation. Le risque est de provoquer une ségrégation spatiale des espaces naturels vis-à-vis des populations locales. Lorsque l'on a fait des centaines de kilomètres, on paye plus facilement un droit d'entrée car cela reste de l'ordre de l'exception, mais lorsque l'on fréquente un espace, de façon quotidienne ou hebdomadaire, quelle somme est-on prêt à verser pour l'utiliser, fera-t-on payer l'accès d'un massif aux résidents ? Existe-t-il un risque que des populations ne puissent plus y accéder ? Ne risque-t-on pas un conflit sur la privatisation de l'espace avec les populations locales qui pensent être lésées d'un droit ? Ne risque-t-on pas de voir apparaître un afflux de visiteurs sur des sites secondaires restés gratuits, jusque-là préservés, qui vont subir des impacts d'autant plus durs que ces sites n'ont pas été aménagés en conséquence ?

Le second est plus insidieux, que se passera-t-il pour les espaces naturels peu fréquentés et qui auront besoin d'être particulièrement suivis, la déprise agricole modifiant fortement l'équilibre des paysages. De quelle manière financera-t-on des secteurs qui ne possèdent pas l'attractivité suffisante pour leur entretien ?

La gestion d'un territoire est hautement complexe. Les politiques d'aménagement ou d'incitation peuvent avoir ainsi des effets qui ne se révèlent qu'après un certain laps de temps. Prenons l'exemple de l'Union Européenne[123] qui subventionne le reboisement pour lutter contre la déforestation[124].

Dans le département des Vosges, la déprise agricole et la crise du textile ont rendu ce département sinistré. Les terres, hier exploitées, appartiennent aujourd'hui à des descendants qui les ont gardées et les exploitent en les reboisant grâce à des aides européennes et de l'état. Le phénomène de reboisement provoque une fermeture des paysages des vallées vosgiennes (reboisement total des fonds de vallées). Ceci peut contrarier à terme une politique touristique du PNR des Ballons des Vosges et de sauvegarde des paysages ouverts de fond de vallées dont

[122] Glyptis (S.), " *Leisure life-styles*", Regional studies, vol 15, n°5, 1981. p. 311-326.
[123] Ou de l'Etat qui exonère de droits de succession les parcelles reboisées.
[124] Ces types de mesures peuvent être plus ou moins renforcées ou relativisées en fonction des politiques locales et régionales traduites dans divers documents contractuels : Contrat de Plan, Projet LEADER, DOCUP....

l'objectif serait de trouver des secteurs de délestage alternatif à la fréquentation du massif des Hautes Vosges. Généralement les paysages fermés et les forêts sombres de conifères sont peu attractifs. L'une des politiques d'aménagement du parc est de promouvoir le maintien de l'ouverture des vallées avec des politiques d'incitations. Or, la presque totalité des fréquentations se localise sur le massif des Hautes Vosges, si l'on venait à faire payer un droit d'entrée, de quelle façon se ferait la répartition des entrées afin de réorienter des investissements sur des secteurs non fréquentés. Expliquer à un maire que cette manne financière ne lui reviendrait pas mais servirait à une autre commune relève de la haute diplomatie, il suffit de constater la façon avec laquelle on gère la taxe professionnelle en France pour s'apercevoir que les collectivités se livrent à de véritables guerres commerciales. On arriverait, à terme, à des espaces naturels à fort potentiel de visites (aux abords des villes), aménagés et entretenus et des espaces de plus en plus délaissés qui se fermeraient ou retourneraient à la friche. Dès lors, quels seraient les moyens financiers pour aménager les secteurs non attractifs, si certaines lignes budgétaires venaient à disparaître sous couvert de rentrées de liquidités annexes. Aménager le territoire consiste aussi à sauvegarder un patrimoine existant, si son utilité paraît bien faible aujourd'hui, on ne sait pas ce que voudront les générations futures.

De ce fait, en incitant une politique localisée en fonction uniquement des pressions, nous risquons une dégradation des milieux naturels sur les zones les moins habitées et les plus enclavées car il ne serait pas rentable de les aménager.

On peut soutenir cette position en argumentant que ces zones retournent à l'état sauvage, outre le fait que l'on perdrait une valeur patrimoniale - le terroir - ce serait oublier les risques naturels que peuvent engendrer une déprise. Rappelons que si les milieux primaires ne doivent leur existence qu'aux interactions d'un écosystème climat - faune - flore (forêt tropicale, océan, zone polaire, désert...), nos milieux naturels et nos paysages sont le résultat d'un équilibre très fin entre l'exploitation d'un milieu par des groupements humains et les conditions d'interactions d'un écosystème. Les avalanches en montagne peuvent apparaître car la neige n'est pas retenue par une herbe qui, n'ayant pas été broutée durant l'été par le bétail, se couche sous le poids de la neige et rend instable la fixation du manteau neigeux sur les pentes. Les feux des forêts méditerranéennes sont d'autant plus virulents et dramatiques que ces milieux issus d'un système agro-pastoral sont à l'abandon, les troupeaux d'ovins ne nettoyant plus les sous bois. Les inondations ne sont pas toujours le fruit d'une climatologie capricieuse, elles peuvent être provoquées par la destruction du bocage ou le non entretien des digues. Il n'y a

pas que la pression anthropique qui est préjudiciable pour l'environnement mais aussi paradoxalement la désertification des systèmes agraires.

4). Mise en place d'indicateurs spatiaux

Cl. Lacour et S. Puissant insiste sur le fait que le global et le local interagissent, l'analyse du territoire se conçoit dans la complexité et nécessite d'agir "*sur des réalités à géométrie variable et à temporalités différenciées*"[125] où la centralité et les frontières gouvernent l'intégration et l'éclatement des territoires.

Dans ce cas, sur quel territoire intervient-on? Cette interrogation résume en partie le principal problème fondamental de l'aménageur, à savoir la détermination d'un territoire afin d'y intervenir au travers de procédures. Où fixer la limite d'un bassin de vie, ou d'emploi ? Quelles communes intégrer dans un PNR? Sur quels critères et jusqu'où ? Ou s'arrête l'espace local?

Le cadre opératoire, lié à la discipline, oblige l'aménageur à définir en premier lieu un périmètre d'intervention. Car la difficulté en aménagement consiste à évaluer et à situer les impacts d'un phénomène dans l'espace et dans la durée. Toute la dimension prospective et prescriptive de l'aménagement réside dans l'appréhension de la combinaison de ces deux concepts : le temps et l'espace.

En définitive ce n'est pas tant l'analyse de phénomènes ni des propositions d'un parti d'aménagement ou de projet qui posent problème, mais la détermination d'une frontière : sur quel territoire proposons-nous notre opération ?

Car si le concept d'espace local est une notion que l'on perçoit facilement, il en est tout autrement lorsque l'on doit le définir dans un cadre opératoire. Pour un aménageur qui tente de planifier l'espace, ce concept de proximité est plus que difficile à utiliser. La limite est-elle donnée par une rue, une distance, une limite administrative, un cours d'eau, une vallée...Ce qui veut dire que le travail d'analyse sur l'espace sera toujours sujet à débat parce qu'à un moment donné, l'aménageur aura dû, sur le territoire, définir une limite finie liée à des grandeurs quantifiables plus ou moins objectives voire arbitraires. Cette limite, ce trait rouge sur un plan ou une carte, sera toujours discutable car il est fonction d'un référentiel et d'une unité choisie dépendant de contraintes techniques, administratives et de pressions politiques. Si

[125] Lacour (Cl.), Puissant (S.), " Géographie appliquée et science des territoires", *in* Encyclopédie de géographie, sous la dir. A. Bailly, R. Ferras et D. Pumain. p. 1006.

l'aménagement du territoire est un acte de pouvoir, la détermination des limites d'un projet d'aménagement de l'espace sur le territoire en est sa première manifestation.

Ce problème de frontière se retrouve quels que soient les types d'aménagement et quel que soit le type d'espace, urbain, rural ou naturel : POS, ZAC, OPAH, ZNIEFF, remembrement agraire. Quelle surface prend-on en compte ? et pourquoi ?

Si ce problème reste épineux pour le praticien de l'aménagement, il l'est aussi pour le chercheur dans le cadre d'une analyse spatiale quantitative. L'un de ses principaux objectifs de recherche portera sur la détermination d'unités référencées susceptibles de définir une ou des valeurs qui puissent évaluer un processus sur l'espace, étape indispensable pour que dans un second temps nous puissions déterminer des espaces d'intervention.

Evaluer des indicateurs spatiaux, c'est aussi dans un premier temps déterminer la nature de ces indicateurs liés dans notre cas à des distances de déplacements, un nombre de parkings ouverts sur l'espace naturel, des temps de promenades, des valeurs paysagères des sites naturels, une notoriété du site naturel, des quantités de visites, des heures de fréquentations, l'étendue des surfaces naturelles piétinées, la longueur des sentiers érodés, la densité des cheminements spontanés, les taux de pénétration dans le milieu naturel (mètres de sentier/ surface...).

Non seulement ces indicateurs sont utiles pour définir la nature de certains phénomènes (comportements de déplacements des visiteurs, impacts sur l'environnement) mais permettent aussi de mener des études comparatives entre différents espaces. Bien que chaque territoire soit unique, il existe, comme nous le verrons, des constantes dans les formes des pratiques de diffusion récréative des espaces naturels : pseudo périodicité des flux, constances des sites les plus fréquentés, pratiques de la promenade...

Section 2. Les niveaux d'organisation des déplacements

Toute la complexité de l'évaluation des répartitions des visiteurs sur un espace naturel réside dans la détermination des interactions des éléments qui se manifestent sur deux niveaux d'organisation des déplacements. En d'autres termes les processus de visite d'un site dépendent d'un équilibre de deux déplacements qui s'opère sur un espace bi-échelles, d'une part le déplacement voiture et d'autre part le déplacement pédestre de la visite.

A. Les espaces d'observations - bases de données

1). Récolte des données sur les Hautes Vosges

Il existe un grand nombre d'études concernant les formes de pratiques récréatives d'espaces naturels mais elles sont, pour leur grande part, ponctuelles et ne concernent, en général, que les formes de fréquentation d'un site et non pas la fréquentation sur un réseau. Elles ne traitent, pour très peu d'entre elles, des fréquentations sur l'ensemble d'une région touristique ou d'un ensemble de sites, l'analyse spatiale se limitant à celle du lieu.

Un premier constat sur les Hautes Vosges a montré, pour tous les sites, une fréquentation directement liée à l'accessibilité voiture (l'inexistence d'un hébergement touristique au-dessus de 900 m amplifie l'utilisation d'un véhicule). Les premières estimations, menées sur les bases des comptages routiers et des relevés partiels de parkings (effectués lors d'opérations d'aménagement) les années précédentes, laissaient supposer une pression massive de la fréquentation touristique sur les Hautes Vosges.

La conclusion s'imposait. Pour pouvoir poursuivre d'une façon cohérente l'objectif que nous nous étions fixé (création d'un observatoire des fréquentations), nous étions dans l'obligation de procéder à une campagne de comptages.

- évaluer la quantité des flux et déterminer plus finement les caractéristiques qualitatives des fréquentations,

- expérimenter une démarche d'évaluation par comptages qui puisse se pérenniser dans le temps, c'est-à-dire donner, année après année, une information constante sur la qualité et la quantité des flux touristiques nécessaires à un observatoire,

Cette campagne de comptages s'est appuyée sur quatre types de collectes de données :

- comptages parkings : relévés horaires des quantités de véhicules stationnés sur les parkings du massif

- comptages sentiers : comptages en continu des flux de visiteurs passant sur les principaux carrefours de sentiers pendant toute une journée,

- enquêtes sur sentiers : évaluation des comportements de diffusion et détermination des parcours pédestres.

- Photographies : "story board" des comportements de déplacements sur les milieux naturels.

En résumé, en partenariat avec le Conservatoire des Sites Lorrains, l'ONF, les Brigades Vertes, le Club Vosgien et avec aussi des scouts, nous avons réussi à collecter, durant la période estivale plus de 1000 relevés horaires de parkings, 1300 fiches de relevés de comptages divisés en demie heure au départ ou aux croisées des principaux sentiers, 500 questionnaires soit près de 2000 personnes interrogées, ce qui correspondait à environ 25 % des flux pédestres qui passaient sur le point d'enquête dans la journée et 500 photographies de sentiers (fixation des comportements de diffusion).

Précisons que nous ne traitons pas de fréquentation de touristes mais d'une diffusion d'une population de visiteurs sur un espace naturel, sans faire appel aux indicateurs classiques du tourisme - fonction touristique, hébergement, études clientèles - trop apparentés à une approche clientèle. Nous avons ainsi adopté une démarche qui ne présupposait pas une évaluation à partir d'une forme de consommation d'un équipement ou d'un service marchand mais seulement l'utilisation spatiale d'un espace naturel en fonction du déplacement et des pratiques récréatives des visiteurs. La méthode d'évaluation fut, dans un second temps, testée, à la demande de la Fédération des Parcs Naturels Régionaux de France, entre avril et août 1997, sur les parcs naturels régionaux Normands : PNR Marais du Cotentin et du Bessin, PNR Normandie - Maine et PNR Brotonne.

Si les caractéristiques locales sont évidemment différentes entre ces différents espaces, il n'en reste pas moins, comme nous le verrons ultérieurement, qu'il est possible d'aborder, quel que soit le territoire, les fréquentations de visiteurs en fonction d'un processus de déplacement (résidence, déplacement 1, site 1, déplacement 2, site 2,..., retour). Le travail réalisé sur les trois parcs normands a été moins riche en quantité de données que celui sur les Vosges, cependant, il nous a permis d'explorer des pistes concernant l'importance du réseau d'accueil dans les formes de répartition des flux sur des espaces de morphologie différente.

2). Les espaces de vérification

Il est toujours dangereux d'émettre des généralités à partir d'un cas particulier. C'est pour cela que nous avons essayé de déterminer, parmi les observations, celles qui relevaient plus de conditions et/ou de conséquences de l'organisation générale d'un espace naturel soumis à des pressions touristiques que d'un état de faits propres au tourisme sur les Hautes Vosges. Certains

résultats obtenus sur les Vosges nous paraissaient suffisamment novateurs et ont nécessité une vérification sur d'autres espaces naturels afin de savoir si nous avions affaire à des caractéristiques locales ou d'ordre plus général.

Pour cela nous avons croisé ces premières observations avec celles effectuées sur d'autres territoires dits touristiques ou récréatifs totalement différents afin de déterminer celles susceptibles d'exister et de se vérifier sur d'autres espaces.

	Deux études "PNR" réalisées par le laboratoire du CESA		**Trois documents qui ont servi à vérifier les résultats sur les études "PNR"**	
Espaces naturels	*Massif des Hautes Vosges*	*PNR Normandie – Maine, Brotonne et Marais du Cotentin et du Bessin*	*Site du Pont du Gard*	*Parcs Nationaux des Pyrénées et des Ecrins*
Titre	*Etude fréquentations Hautes Vosges*	*Méthodologie d'évaluation des déplacements touristiques Vers un outil de suivi : l'observatoire*	*Opération de protection du site historique et écologique du Pont du Gard*	*La fréquentation touristique du Parc National des Pyrénées (des Ecrins)*
Année	*décembre 95 à janvier 1997*	*mai à octobre 1997*	*1997*	*Ecrins : 1991 Pyrénées : 1992*
Organisme	*PNR Ballons des Vosges*	*Fédération des parcs naturels régionaux de France*	*CCI de Nîmes*	*Parcs Nationaux des Pyrénées et des Ecrins*
Période de comptages	*juin à septembre 1996*	*juillet 1997*	*juin à septembre 1997*	*Ecrins : juin à septembre 1991 Pyrénées :juin à septembre 1992*
Réalisation de l'étude	*Laboratoire du CESA*	*Les trois PNR et le laboratoire du CESA*	*CCI de Nîmes- CESA*	*Ecrins : cabinet DETENTE Pyrénées : LARE, CNRS, cabinet DETENTE*
Types de données	*Analyse spatiale quantitative des déplacements sur les Hautes Vosges Elaboration d'une base de données sur les fréquentations*	*Elaboration d'un outil de mesure et de suivi des déplacements touristiques Comptages partiels*	*Réhabilitation du site et gestion des flux de fréquentations touristiques Evaluation quantitative et qualitative des flux pédestres*	*Enquête de fréquentation et comptages sur site Evaluation quantitative et qualitative des fréquentations touristiques sur les PN.*
Informations déduites	*Comptages et mise en évidence d'indicateurs de fréquentations et de répartition sur les Hautes Vosges*	*Mise en évidence de comportements de circulation en fonction de la hiérarchisation des espaces*	*Vérification des aires de diffusion radioconcentriques et des espaces de circulation*	*Vérification des indicateurs de fréquentations et de comportement de diffusion sur les espaces naturels*

Tableau 5: Etudes de fréquentations utilisées

Il a fallu rechercher des espaces qui devaient répondre à trois caractéristiques : avoir fait l'objet d'une étude de fréquentation quantitative sur un territoire, ne pas posséder de structures d'hébergement sur les espaces naturels pour que les comptages effectués sur les parkings

soient représentatifs[126] des quantités de visiteurs présents sur les espaces naturels, être libres d'accès, c'est-à-dire gratuits. Nous avions ainsi à notre disposition des études réalisées sur les parcs nationaux des Ecrins[127] et des Pyrénées[128] et une étude sur les cheminements pédestres sur la zone du Pont du Gard[129], qui, bien qu'étant classé comme grand site historique, reste aussi un espace naturel de diffusion.

3). Des espaces fréquentés différemment mais...

Pour évaluer la répartition des visiteurs sur un espace, il faut considérer qu'elle est soumise à deux types de déplacements, le premier consiste à se rendre en voiture sur un site, et, une fois le véhicule garé, les individus se promènent sur un espace.

L'analyse des différents niveaux d'organisation du système "déplacement - visiteurs - espaces naturels" s'appuie sur un postulat relativement simple. Le visiteur est un individu qui se déplace sur un territoire afin de découvrir ou redécouvrir des espaces naturels et il a besoin pour ceci : d'un moyen de locomotion circulant sur un réseau de transport - la voiture - , comportant des lieux de rupture de charge - les parkings - , ouvrant sur des espaces naturels sur lesquels les visiteurs vont pouvoir pratiquer des activités récréatives spatiales[130].

Après avoir localisé les principaux flux de visiteurs sur les Hautes Vosges, certaines particularités sont apparues. Nous n'avons pas retenu des caractéristiques locales propres à l'espace Hautes Vosges mais extrait celles qui semblaient définir des conditions générales d'une fréquentation sur un espace naturel. C'est-à-dire celles qui apparaissaient être fondamentales dans l'organisation des flux de visiteurs sur des milieux naturels plus ou moins sensibles.

Les observations concernent deux aspects fondamentaux de l'organisation des flux de visiteurs sur les espaces naturels :

- les caractéristiques spatiales du réseau d'accueil, déterminées par sa forme et sa taille, en un mot sa morphologie, et son offre spatiale.

- la caractéristique comportementale lisible au travers des formes de

---

126 Pour des questions techniques de calibrages ultérieures, il nous fallait non seulement des espaces aux caractéristiques similaires mais aussi susceptibles d'être utilisées par le modèle.
127 "*La fréquentation touristique*" - Documents scientifiques du Parc National des Ecrins, n°4, 1992.
128 "*La fréquentation touristique*" - Documents scientifiques du Parc National des Pyrénées, n°28, mai 1994.
129 Ce qui serait impossible aujourd'hui, car le site est devenu semi fermé avec un parking payant.
130 En fait il ne s'agit essentiellement que de la marche à pied.

déplacements pédestres.

Ce qui ressort le plus fortement, lorsque l'on observe les divers types de pratiques spatiales (répartition, diffusion), c'est l'étroite dépendance des comportements face à la structure de l'espace.

	Hautes Vosges Route des crêtes	**Ecrins**	**Pyrénées**	**Pont du Gard**
Heures Pointes sentiers	*15h30 – 16h30*	*Montée = 10-14h Descente 16 h – 18 h*	*Montée = 10-14h Descente 16 h – 18 h*	*Non disponible*
Origine résidence principale	*la semaine = 3 fois 1/3 (étrangers, français et régionaux) doublement des flux le dimanche 2/3 de régionaux*	*45 % régions PACA et Rhône-Alpes le dimanche + 28 % de flux*	*40 % de régionaux 12% d'étrangers*	*15% régionaux 47% français 38% étrangers*
Types de pratiques	*Promenade contemplative (randonnée résiduelle)*	*60 à 70% des visiteurs qui ont atteint un parking en voiture se retrouvent sur un sentier*	*3 fois plus de contemplatifs que de randonneurs*	*En grande majorité pour visiter le pont*
Nombre de visiteurs	*1 021 000*	*595 000*	*1 771 994*	*1 250 000 (à l'année)*
Concentration des flux	*50 % sur secteur crêtes au Hohneck*	*40% sur la vallée de la Vallouise (glacier Blanc et Massif de la Barre des Ecrins)*	*50% sur Gavarnie et Gaube*	–
Nombre de personnes par voiture	*2,5 en semaine 3 le dimanche*	*Non disponible*	*Entre 2.61 et 3,08 au maximum*	*Non disponible*
Temps de présence	*¾ restent moins de 2 heures Les contemplatifs moins de 1h30 Les promeneurs moins de 2h30*	*11% = 2h et moins 52%= 3h et ½ journée 27% = une journée*	*Environ 1/3 des individus ont marché plus de 20 minutes*	*2/3 < 2 heures 46% des régionaux y passent la ½ journée et +*

Tableau 6 : Principaux résultats des fréquentations de visiteurs sur les espaces naturels sélectionnés

PNR Normands	*moins 1 heure*	*1 à 2 heures*	*2 à 3 heures*	*plus de 3 h*
Brotonne	*39.08*	*39.08*	*12.64*	*9.20*
Cotentin	*6.9*	*41.38*	*31.03*	*20.69*
Normandie - Maine	*16.13*	*27.74*	*31.61*	*24.52*

Tableau 7 :Temps de présence des visiteurs sur les sites des PNR normands (% des groupes interrogés)

PNR Normands	*Régionaux*	*Français*	*Etrangers*
Normandie - Maine	*67*	*29*	*4*
Brotonne	*56*	*23*	*21*
Cotentin	*75*	*25*	*_*

Tableau 8 : Origine des visiteurs questionnés sur les sites des PNR normands (% des groupes interrogés)

Les fréquentations sur les différents espaces ne sont pas identiques, il existe des différences notoires, tant dans les types de visiteurs que dans la façon de consommer l'espace naturel (temps de présence, typologie des visiteurs). Mais des caractéristiques communes apparaissent.

Sur chaque espace, il existe des sites concentrant d'importants flux de visiteurs.Ces sites sont de véritables "sites d'appels", en se sens qu'ils apparaissent comme les sites emblématiques de l'espace, le cirque de Gavarnie pour les Pyrénées, le Hohneck pour la grande crête des Vosges, le glacier Blanc et la barre des Ecrins pour les Ecrins, les Alpes Mancelles pour le PNR Normandie Maine. Cette caractéristique se retrouve aussi pour le Parc National du Mercantour avec la Vallée des Merveilles.

Si les pratiques récréatives sur les espaces naturels apparaissent différentes dans leur globalité, nous avons pu observer qu'il existait des comportements de déplacements communs sur ces différents espaces. Ce qui veut dire que si nous observons des comportements similaires mais que les résultats globaux, concernant la fréquentation, sont différents, alors il existe un élément du système susceptible d'orienter des changements de comportements.

4). Résultats des comptages parkings et sentiers sur les Vosges

Le croisement des données, obtenues après comptages sentiers et parkings, a pu mettre en évidence le lien étroit qui existait entre les quantités de fréquentations, les contraintes d'accessibilités des sites naturels (distance des parkings d'accès) et l'offre spatiale du site naturel (curiosités naturelles, sentiers, activités, etc.).

Il existe un rapport constant de la fréquentation entre les différents parkings quel que soit le lieu géographique. Cette observation permet d'émettre une hypothèse sur un facteur important de la fréquentation. La quantité de visiteurs ne serait pas corrélée avec la capacité de charge des parkings mais avec le nombre de parkings, même de faibles capacités présents, sur le territoire. C'est-à-dire que le choix offert par la présence de plusieurs parkings générerait une fréquentation plus importante que celui d'un unique parking possédant une capacité similaire.

	Semaine		*Dimanche et fêtes*	
	Crêtes	*Versants*	*Crêtes*	*Versants*
Massif Tanet Gazon du Faing	*265 / 4 (450)*	*310 / 4 (750)*	*530 / 4*	*620 / 4*
Massif Schlucht - Hohneck	*515 / 7 (1050)*	*170 / 2 (450)*	*1010 / 7*	*370 / 2*

Tableau 9 : Nombre moyen de véhicules stationnés sur les parkings entre 15 et 16 heures/ nombre de parkings (Nombre de places de parking) sur les Hautes Vosges

Le dimanche apparaît comme une journée bien particulière, le doublement des quantités de visiteurs provoque la saturation de certains parkings. Mais la congestion apparente de certains parkings n'empêche pas les stationnements, le surplus de véhicules se gare le long des routes d'accès aux parkings.

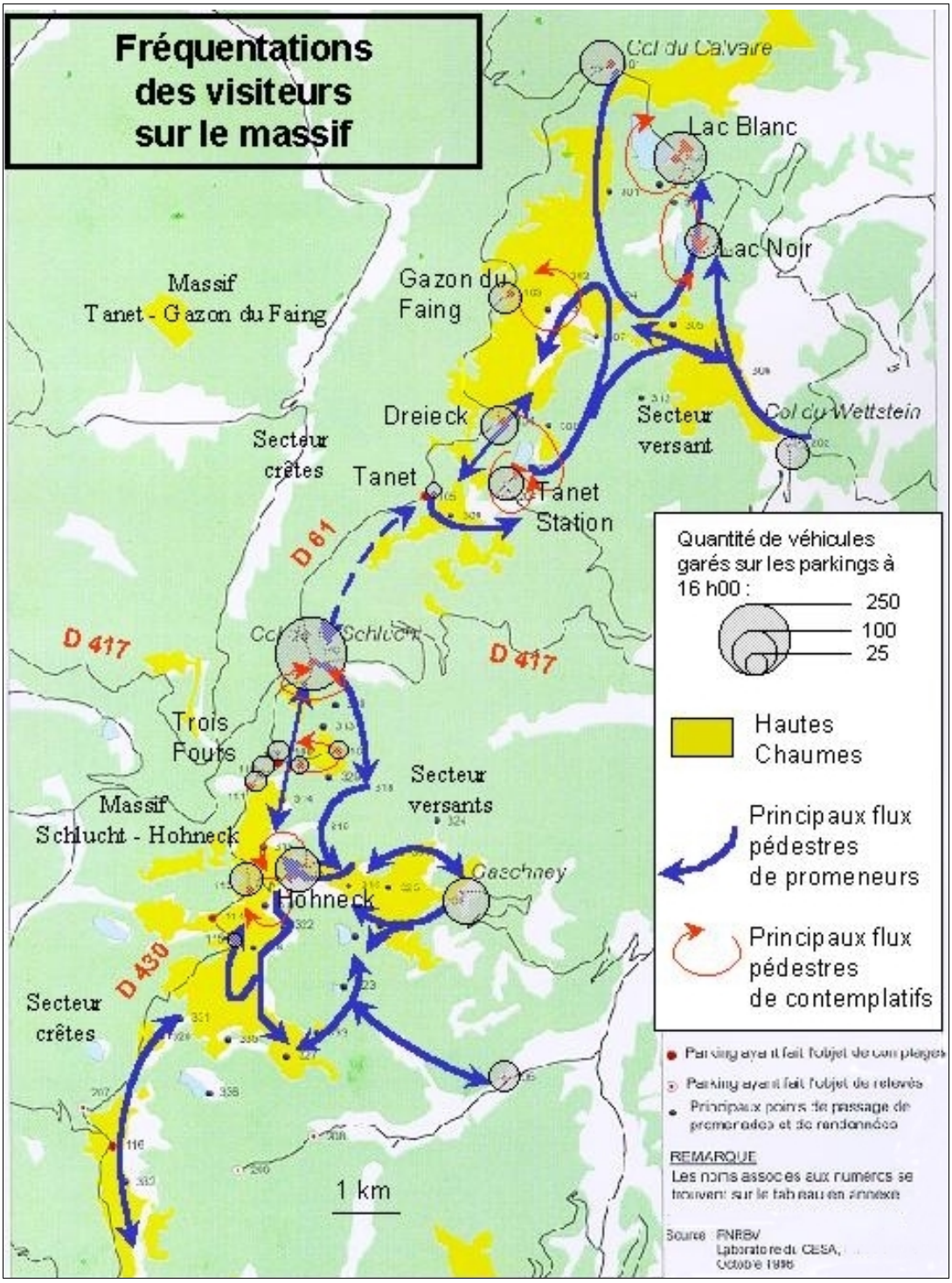


Figure 18 : Fréquentation estivale sur les Hautes Vosges en 1996

Crêtes massif Hohneck	
Total attractivité des sites*	*185.5*
Nombre de parkings	*7*
Quantité de flux touristiques	*466 000*
Crêtes massif Tanet	
Total attractivité des sites*	*117.5*
Nombre de parkings	*4*
Quantité de flux touristiques	*164 000*

Versants massif Hohneck	
Total attractivité des sites*	*149.5*
Nombre de parkings	*2*
Quantité de flux touristiques	*95 000*
Versants massif Tanet	
Total attractivité des sites*	*157*
Nombre de parkings	*4*
Quantité de flux touristiques	*296 000*

** Total = addition des indices de tous les sites composant le secteur (cf Annexes études)*

Tableau 10 : Attractivité des différents secteurs du massif des Hautes Vosges

Les différentes valeurs montrent que l'attractivité d'un espace n'est pas suffisante pour fixer des fréquentations, il semblerait que la fréquentation serait aussi liée au nombre de points d'accessibilité (plus qu'à la capacité de charge de ces derniers) que posséderait un milieu naturel qui accueille des touristes.

Ces observations seront déterminantes lors des hypothèses du modèle, elles nous permettront de nous passer de la capacité de charge d'un parking, puisqu'elle ne semble pas être un facteur limitant par défaut des quantités de visiteurs.

B. L'espace de déplacement

1). Circuit et déplacement voiture

Quelle que soit l'étude, la voiture permet d'accéder aux espaces naturels. Si les fréquentations des espaces naturels possèdent des caractéristiques différentes, le déplacement voiture répond quant à lui à des régularités, que l'on soit en Normandie ou dans le sud, les visiteurs ont l'habitude de procéder à des déplacements limités dans le temps.

L'analyse des flux des déplacements automobiles s'est révélée très riche. Le premier enseignement que l'on peut en tirer est la pseudo-périodicité des flux sur le massif, ce qui laisse supposer des comportements de groupe des visiteurs en fonction des horaires d'arrivées sur les sites naturels.

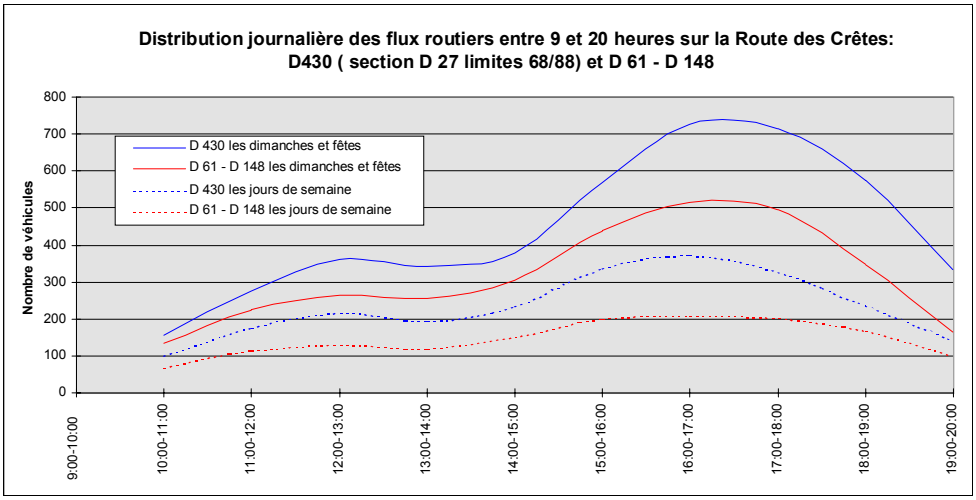


Figure 19 : Trafic routier journalier sur les routes du massif des Hautes Vosges

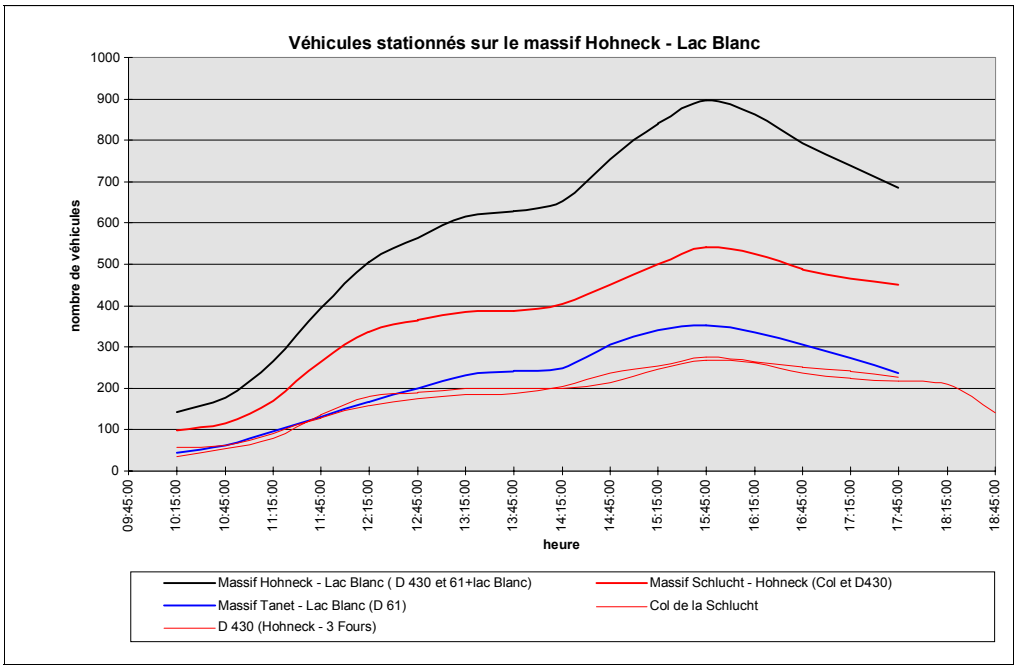


Figure 20 : Répartition sur une journée des véhicules en stationnement sur les parkings de la route des crêtes : secteur Hohneck – lac Blanc

L'étude sur les Hautes Vosges montre que les flux de visiteurs sont issus, pour les trois quarts, de points du territoire localisés dans un rayon de moins d'une heure depuis le parking accédant au site, il en est de même pour les visiteurs du Pont du Gard.

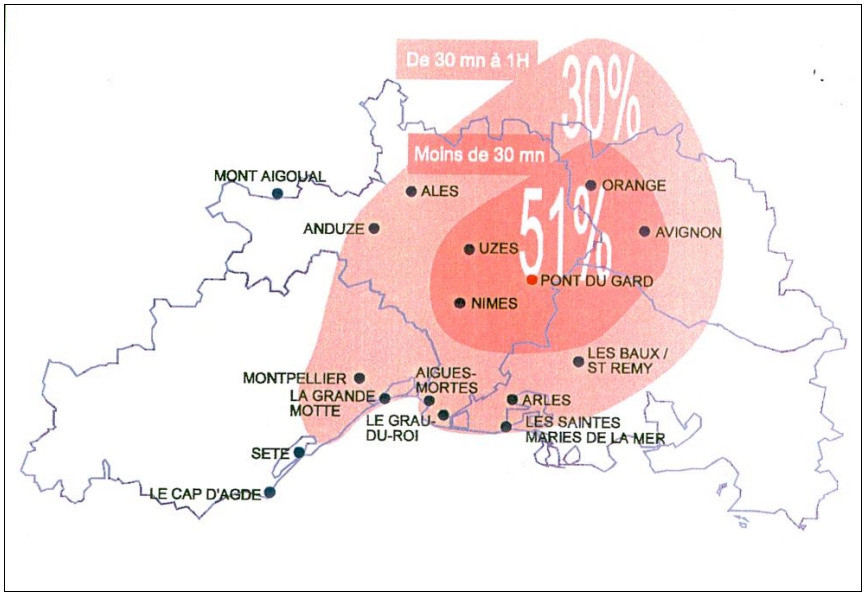


Figure 21 : Points de départ du déplacement des visiteurs du Pont du Gard

Les résultats sur les origines des points de départs d'un déplacement ont fait l'objet d'une attention toute particulière lors de l'étude de fréquentation des trois parcs normands. Nous voulions voir s'il existait un espace de déplacement particulier sur les espaces.

	1 site	*2 sites*	*3 sites*	*4 sites*	*5 et plus*
Brotonne	*42.05*	*30.68*	*13.64*	*6.82*	*6.82*
Cotentin	*72.88*	*15.25*	*11.86*	*_*	*_*
Normandie - Maine	*41.82*	*38.79*	*15.15*	*2.42*	*1.82*

Tableau 5 : Nombre de sites visités dans la journée (en % des groupes interrogés)

Le relief n'étant pas une contrainte, on retrouve ici des espaces de déplacements similaires à ceux rencontrés sur l'étude du Pont du Gard.

Distance	*0_10 km*	*10_20 km*	*20_30 km*	*30_50 km*	*plus de 50*
Brotonne	*18.79*	*37.58*	*20.61*	*10.30*	*12.73*
Normandie - Maine	*50.42*	*26.05*	*10.08*	*10.08*	*3.36*

Tableau 6 : Distances des sites enquêtés / autres sites visités (% des groupes interrogés)

Les déplacements liés à la consommation des espaces naturels apparaissent être circoncrits dans des centroïdes de 30 à 40 km de rayon. Cette observation rejoint une hypothèse faite précédemment sur des déplacements bornés et met en évidence l'importance que devrait avoir

l'accessibilité des espaces naturels à des points d'émissions de visiteurs, mais aussi au caractère de redistribution des flux de visiteurs sur l'espace environnant que pourraient posséder certains sites jouant le rôle de pôle ou d'attracteur.

2). Lecture des déplacements pédestres sur l'espace

a). Des impacts qui traduisent des comportements de déplacements pédestres

L'étude comparative stéréoscopique des photographies aériennes infrarouges (échelle : 1/17 000, année 1989 et 1992 des missions IGN), accompagnée d'une vérification sur le terrain a mis en évidence trois types de points remarquables qui structurent en réseau les flux de fréquentations pédestres.

- les points de diffusion (parkings) qui sont à l'origine des flux de fréquentations sur les espaces naturels. Comme nous le verrons ultérieurement, ces points représentent l'interface entre le réseau routier et l'espace naturel, c'est un lieu de rupture de charge qui va conditionner la fréquentation pédestre sur l'espace naturel.

- les points de passage obligatoire, ces points sont des nœuds de convergence et de divergence de sentiers et / ou de cheminements spontanés. Ils sont situés en des "lieux stratégiques" (croisée des chemins, cols...), c'est-à-dire qu'ils sont des points sur lesquels il est nécessaire de passer pour aller dans telle ou telle direction ou sur certains sites.

- les points d'arrêt, ces points représentent des destinations vers lesquelles convergent des flux touristiques (points panoramiques, éperons rocheux, lacs, sommets, curiosités naturelles, cascades...). Ils se placent soit au centre d'un ensemble de points de passages obligatoires soit en "cul de sac" d'un cheminement. Il arrive que ces points, placés sur des circuits en boucle, peuvent se confondre avec des points de passages obligatoires (cas d'un cheminement sur un balcon panoramique).

Massif	*Nombre de Parkings*	*Nombre de points de passage*	*Nombre de points d'arrêt*	*Moyenne des mètres de sentiers / km²*	*Quantités de fréquentations*	*Pressions*
Crêtes Hohneck	*9*	*10*	*8*	*7000*	*466 000*	*Très fortes*
Versants Hohneck	*3*	*4*	*3*	*5000*	*95 000*	*Moyennes*
Crêtes Tanet	*4*	*4*	*3*	*5000*	*164 000*	*Moyennes*
Versants Tanet	*4*	*9*	*4*	*6000*	*296 000*	*Fortes*

Tableau 11 : Le réseau d'accueil des flux pédestres sur les secteurs du massif

La pénétration liée aux arrêts contemplatifs sur la route des Crêtes est relativement restreinte. Ce type de fréquentation concentrée autour de points forts des Hautes Vosges (Hohneck, Lac Noir et Lac Blanc) se traduit par une densité de cheminements qui se localise sur un espace circonscrit.

La lecture des déplacements pédestres peut se faire facilement par l'intermédiaire des impacts. Leur apparition se fait très rapidement et ils peuvent apparaître irréversibles (cf. *Figure 22*, page suivante), ce qui nous a permis de dégager trois grands types de fréquentations des milieux naturels en fonction de l'utilisation récréative de l'espace naturel :

- Une concentration ponctuelle d'un tourisme contemplatif induisant le piétinement et le tassement d'une surface mettant ainsi le sol à nu. Echelle des déplacements : décamétrique.

- Une fréquentation intensive des flux sur une aire de diffusion, ce type de fréquentations de promeneurs est lié à un tourisme contemplatif et de découverte dont l'impact est la multiplication des cheminements spontanés. Echelle des déplacements : hectométrique.

- Une fréquentation linéique, liée à l'activité découverte à travers la grande randonnée (à la journée) et la promenade sur des boucles (1/2 journée), dont l'impact sur un sentier est l'élargissement des cheminements avec une baisse progressive du taux de couverture végétale. Echelle des déplacements : kilométrique.

La lecture de l'intensité de la fréquentation se fait, sur les espaces naturels, par des impacts physiques et paysagers. On a ainsi pu constater que l'augmentation des flux de fréquentation semble s'être reportée sur des espaces périphériques. Tout en restant prudent, cette observation est fondamentale. Elle suppose en effet que les impacts présents sur un site évoluent très peu dans leur forme. Les impacts, qui ont enregistré l'augmentation des flux de fréquentations, se sont traduits par une croissance de l'intensité de ces derniers (élargissement des sentiers) et non par une extension du réseau[131] (multiplication des sentiers).

[131] Un autre type d'impact est consécutif à une forte pression touristique : perte de la biodiversité, prédation sur la faune et la flore. Nous ne l'avons pas retenu car cette notion de biodiversité est difficilement quantifiable. La nature des impacts et des altérations produites sont souvent difficiles à établir, compte tenu des méconnaissances des processus d'évolution mais aussi de la complexité d'une mesure des phénomènes de dégradation et de régénération de toute biocénose.

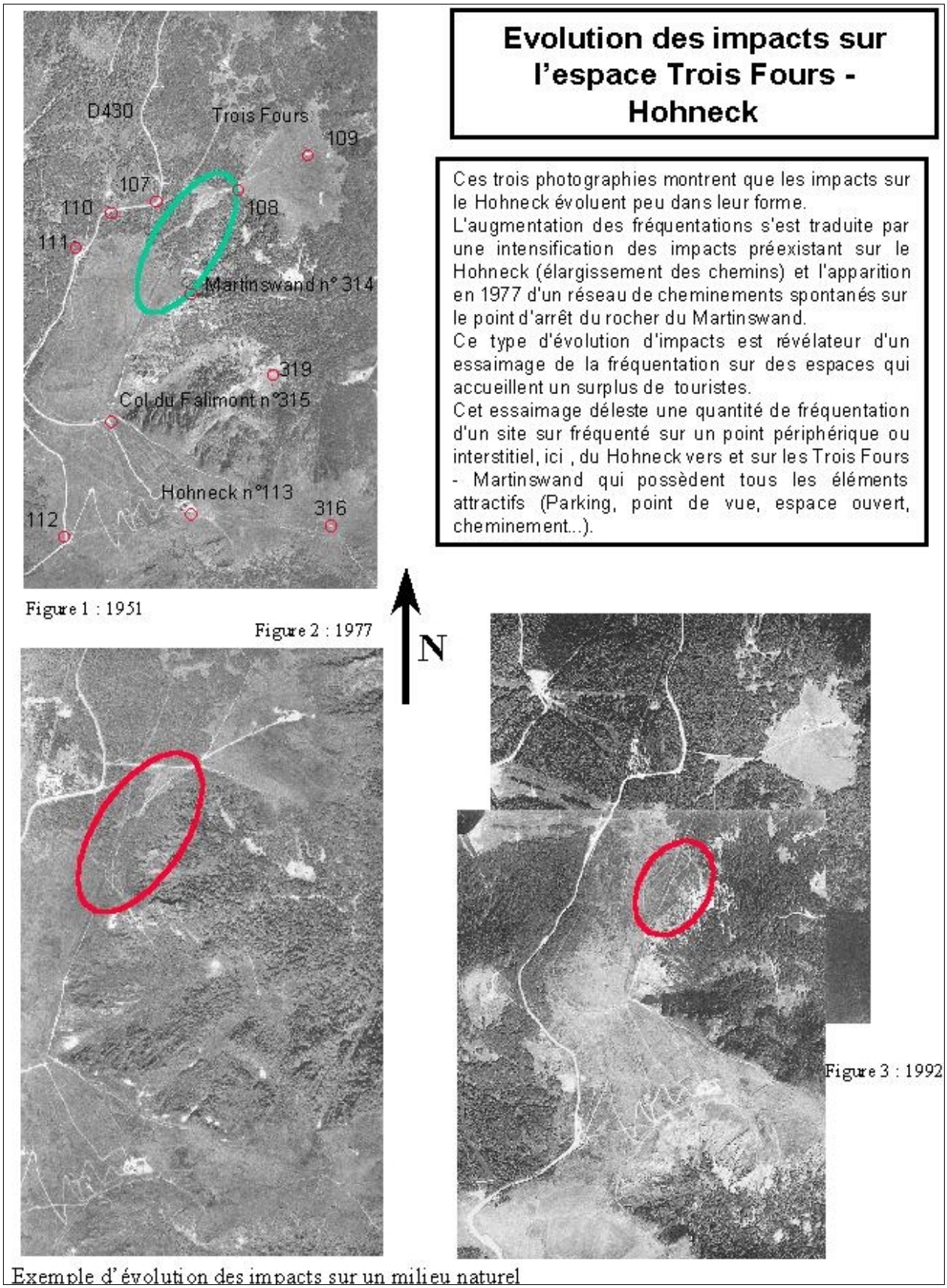


Figure 22 : Evolution des impacts de cheminements entre 1951 et 1992 sur le secteur des crêtes du Hohneck

Désireux d'apprécier l'évolution des impacts sur les milieux naturels pour évaluer l'évolution de la fréquentation dans le temps, nous avons comparé les photographies aériennes des missions de 1989-1992 avec celles de 1951 (noir et blanc, échelle : 1 / 25 000, figure page précédente).

Les principaux impacts paysagers (nombre de cheminements spontanés, sentiers) présents en 1989-1992 l'étaient en 1951. L'évolution des impacts sur l'environnement montre que les processus de transformation sont liés à des comportements de déplacements réguliers sur l'espace, car il semblerait que les impacts canalisent les flux de visiteurs sur le milieu naturel.

b). Comportement de déplacements des visiteurs

La configuration de l'espace Hautes Vosges avec des crêtes qui surplombent les vallées permet de dominer des paysages à partir de balcons panoramiques mais aussi des milieux naturels peu accessibles et riches en faune (Faucon Pèlerin, Chamois...). Des études ont montré que les petits mammifères évitaient de s'aventurer sur des routes de plus de 20 m.

Une étude[132] réalisée en 1992 sur l'influence des activités récréatives sur le chamois a caractérisé la fréquentation humaine sur la partie sommitale des Hautes Vosges. L'aire d'étude s'étendait sur notre secteur de comptage ; Rainkopf - Rothenbach. A l'écart du site sur-fréquenté du Hohneck cette étude nous donne de précieuses indications sur la fréquentation d'un espace périphérique d'un site à très fortes pressions touristiques. En effet elle montre la diversité des pratiques récréatives des visiteurs que possèdent ces sites dont les flux sont orientés vers la découverte de la nature.

Période	*Heures*	*Répartition en %*	*Activités dominantes*
Matin	*6.00 h - 9.30 h*	*17*	*Orientées faune*
Plein jour	*9.30 h - 18.30 h*	*69*	*Activités mobiles non orientées faune (promenade)*
		7	*Activités fixes non orientées faune*
Soir	*18.30 h - 22.30 h*	*9*	*Orientées Faune*

Tableau 12 : Répartition journalière des activités de la fréquentation sur un site du Rothenbachkopf

Un autre processus est lié à la façon dont les individus consomment l'espace lorsqu'ils quittent leur voiture, c'est-à-dire la façon dont des groupes d'individus se répartissent sur l'espace naturel et le type de déplacement pédestre qu'ils pratiquent (boucle ou aller et retour).

[132] Schaal (A.), Boillot (F.), "*Influence des activités récréatives sur les comportements du chamois dans les Hautes Vosges*" Ministère de l'Environnement, Parc Naturel Régional des Ballons des Vosges - juin 1992.

L'étude de fréquentation faite sur les Hautes Vosges[133] a mis en évidence une diffusion *radioconcentrique* des flux pédestres[134] 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[135]. 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. Cette classification permet de quantifier les pressions anthropiques et obtenir des informations indispensables en aménagement sur les potentiels des sites à accueillir des visiteurs.

De plus, nous avons remarqué que si les visiteurs, en stationnant sur les crêtes, ne se diffusaient par sur les versants et restaient en presque totalité sur les crêtes, le visiteur garé sur les versants possédait, quant à lui, un circuit en boucle plus diversifié qui incorporait les crêtes dans son parcours :

- sur les versants, un déplacement de promeneurs - randonneurs en boucle passant par un lac avec ou non une montée sur les crêtes,
- sur les crêtes, un déplacement sur le GR5 de promeneurs contemplatifs (en aller et retour), et de grands randonneurs,
- autour des lacs, un déplacement de contemplatifs.

Trois types de touristes	*Deux espaces et portes d'entrées*	*Deux types de circuits*
Contemplatifs *Promeneurs* *Randonneurs*	*Crêtes* *Versants*	*Boucles* *Aller et retour*

Tableau 13 : Trois types de visiteurs se déplaçant sur deux espaces

Les observations ainsi que les différentes mesures ont montré que les touristes se déplaçaient sur des aires de diffusion (des espaces de promenade) dans lesquelles s'organisaient les déplacements. Ces aires représentent l'espace de diffusion des différents types de consommateurs à partir de parkings centrés ou tangents aux "espaces de promenades".

---

[133] Observations qui ont été vérifiées sur plusieurs études : le Pont du Gard en 1997 par la CCI de Nimes, les parcs nationaux des Pyrénées (*La fréquentation touristique* Documents scientifiques du Parc National des Pyrénées, n°28, mai 1994) et des Ecrins (*La fréquentation touristique*, Documents scientifiques du Parc National des Ecrins, n°4, 1992).

[134] 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.

[135] Les autres types de cheminements qui ne reviennent pas à leur point de départ sont négligeables en termes de quantités. Ils concernent les randonneurs qui se font transporter à un point donné et sont repris ailleurs à la fin de la randonnée.

Type de touriste	*Aire de diffusion*	*Longueur du déplacement*
Contemplatifs	*R < 500 mètres*	*< 1 km*
Promeneurs - contemplatifs	*R < 500 mètres*	*2 à 4 km sur une 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 sur une boucle*
Randonneurs	*R > 3000 mètres*	*20 km <*

Tableau 14 : Typologie des différentes aires de diffusion

Lorsque l'on compare le lieu du stationnement des touristes interrogés au Soultzeren Eck (point n°302) [136] et à la table d'orientation de la réserve naturelle du Tanet et Gazon du Faing (point n°303), on constate qu'il existe sur ces deux espaces, séparés par quelques centaines de mètres, deux types de touristes fondamentalement différents :

- A la table d'orientation (point n°303), des contemplatifs ; 75 % des visiteurs sont garés au parking de l'auberge du Gazon du Faing (point n°103).

- au Soultzeren Eck (point n°302), des promeneurs ; 60 % des visiteurs sont garés sur les versants du massif c'est-à-dire en fond de vallée (point n°102, 201, 202, 203, 204).

Nous avons relevé le même type d'observation sur les pentes du Hohneck, 80 % des personnes interrogées à la table d'orientation du sommet du Hohneck (point n°113) étaient stationnées sur le parking du Sommet (point n°113), alors qu'au Col du Falimont (point n°315) distant de 600 m, la fréquentation est radicalement différente.

Lieux de stationnement	*% des flux pédestres au Col du Falimont*
Col de la Schlucht (point n°106)	*54.4*
Trois Fours (point n°107 et 108)	*15.2*
Hohneck (point n°113)	*16.0*
Kastelberg (point n°327)	*3.2*
Gaschney (point n°205)	*11.2*

Tableau 15: Part en % du lieu de stationnement des touristes interrogés au Col du Falimont.

De plus, nous avons remarqué que si les visiteurs, en stationnant sur les crêtes, ne se diffusaient par sur les versants et restaient en presque totalité sur les crêtes, le visiteur garé sur les versants possédait, quant à lui, un circuit en boucle plus diversifié en incorporant les crêtes dans son parcours.

Il est très difficile de créer une typologie du touriste en fonction des activités pratiquées. Difficulté d'autant plus grande que les fréquentations estivales, contrairement à celles

[136] La carte de présentation de l'espace et des codes des sites naturels se trouve en Annexe 2 .

hivernales, sont liées à des activités non comptabilisées par des forfaits ou quelconques redevances d'utilisation d'un espace récréatif.

Les individus n'ont pas tous le même rythme de marche, n'ont pas tous la même conception de la promenade ou de la randonnée. Pour certains, une promenade de trois heures avec un pique nique est une randonnée, pour d'autres c'est un « bol d'air » et pour les puristes c'est un parcours sur plusieurs jours avec bivouac. Nous avons créé une typologie des activités en fonction du comportement de consommation d'espace sur la base du temps de présence des véhicules en stationnement sur les parkings[137].

Activités	*Type de déplacements*	*Rayon de l'aire de diffusion*	*Type d'espaces*	*Temps de présence sur le site*
Contemplation de paysages	*dispersion autour du ou à proximité du parking*	*R < 500 m*	*Points panoramiques sur les crêtes et les lacs accessibles*	*Temps < 1h 30*
Promenade contemplative sur les balcons panoramiques	*aller et retour* *boucle*	*R < 1000 m* *R < 500 m*	*Crêtes* *Versants + Crêtes*	*1h30 < Temps < 2h30*
Promenade à la demie journée post repas	*aller et retour* *boucle*	*R < 3000 m* *R < 1000 m*	*Crêtes* *Versants + Crêtes*	*2h30 < Temps < 5h00*
Promenade - randonnée avec pique nique	*aller et retour* *boucle*	*R < 3000 m* *R < 1000 m*	*Crêtes* *Versants + Crêtes*	*2h30 < Temps < 5h00*
Randonnée parcours sur une journée	*aller et retour* *boucle*	*R >3000 m* *R < 3000 m*	*Crêtes (GR 5)* *Versants + Crêtes*	*5h00 < Temps*

Tableau 16 : Typologie de la consommation récréative sur le massif des Hautes Vosges

Si cette observation a été vérifiée explicitement sur le Pont du Gard (cf *Figure 23*, page 99), elle transparaît aussi sur les Parcs Nationaux des Pyrénées et des Ecrins dans certains comptages de flux de visiteurs sur les sentiers.

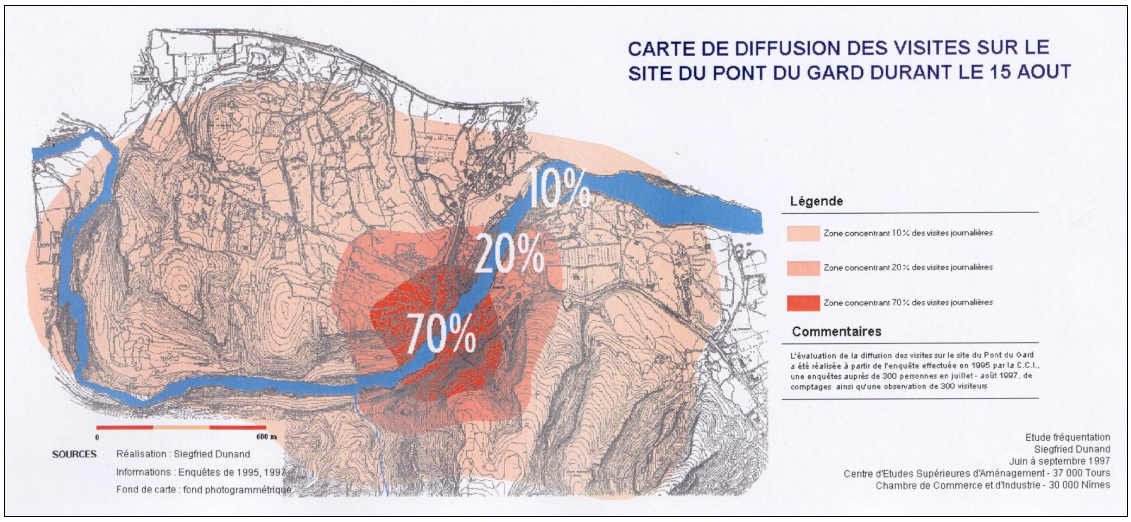


Figure 23 : Aires de diffusion pédestre des visiteurs sur le site du Pont du Gard

137 Temps déduits des calculs croisés entre le nombre de véhicules stationnés, les comptages sentiers et les enquêtes réalisées sur les sentiers. Decoupigny (F.), " *Etude Fréquentation*... op. cit.

La classification des populations de visiteurs en fonction des types de diffusion spatiale sur les espaces naturels permet d'obtenir des groupes d'individus segmentés en fonction de comportements qui apparaissent communs à tous types de 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 possédant des pratiques récréatives sur les espaces naturels.

De plus, cette approche permet de prendre aussi en compte le temps de présence sur un site puisque ces déplacements possèdent une distance minimale parcourue sur les espaces naturels donc d'un temps de présence. Si l'on avait seulement pris le temps de présence, nous n'aurions pas eu d'information concernant les formes des pratiques spatiales sur les milieux naturels. Car l'objectif de telles hypothèses reste d'évaluer ultérieurement les conditions d'apparition des impacts et de les intégrer dans les études d'impacts lors d'opérations (ouverture / fermeture de site à la fréquentation...).

Section 3. Le système de déplacement

Parler de pratiques récréatives n'a de sens que dans la mesure où l'on aborde le problème dans sa dimension dynamique. Les pratiques sont le résultat d'un processus qui met en jeu des choix et des actions. "*Les pratiques sont donc la réalité des processus de choix menant à la mise en œuvre d'actions en fonction de ressources disponibles ; les décrire et les comprendre, c'est s'attacher à reconstituer les situations dans lesquelles elles sont ancrées et c'est aussi suivre dans le temps, leur mise en œuvre*"[138]. S. Chardonnel insiste sur le rôle de l'offre de l'espace susceptible d'interférer sur les comportements des pratiques récréatives sur l'espace.

A. Deux "boites noires"

Lorsque l'on étudie le phénomène touristique, on considère souvent que la décision prise lors d'une discussion familiale -"j'irai bien là ce week-end"- en fonction de certaines habitudes socioculturelles, reste invariante lors du déplacement. Dans l'enquête effectuée lors de l'étude des fréquentations sur les Hautes Vosges, lorsque l'on demandait aux visiteurs le nombre d'arrêts et de visites qu'ils allaient faire ou qu'ils avaient fait, le nombre de sites que les visiteurs projetaient de visiter, en début de journée, apparaissait toujours supérieur au nombre de sites qu'ils avaient réellement visités dans la journée.

[138] Chardonnel (S.) "*Emploi du temps* ..., op. cit. p. 33

Ce résultat est capital car il montre que des changements sont intervenus lors du déplacement, certains sites ont su capter des visiteurs, d'autres n'ont pas réussi à attirer, ou bien que le temps de déplacement a été sous estimé sur le territoire. Ce résultat introduit l'hypothèse d'un second type de processus lié à des pratiques de déplacement et à des interactions qu'induit la structure de l'espace sur les répartitions des visiteurs sur l'espace.

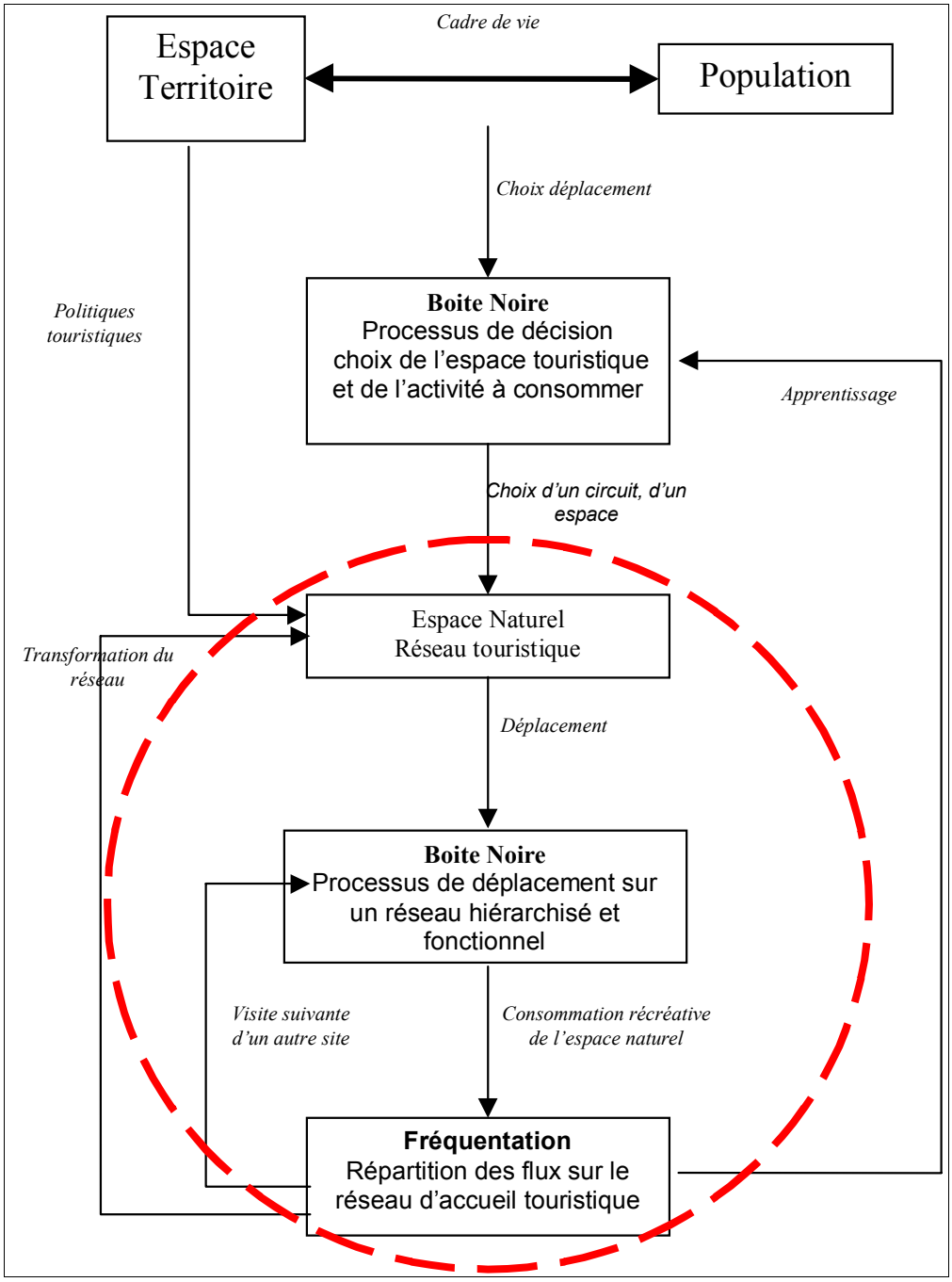


Figure 24 : Processus de déplacement des visiteurs sur un espace naturel

Nous pouvons, alors, identifier deux principales étapes d'un déplacement touristique : le choix

et la visite. La première d'entre elles est un processus de décision qui relève de conditions socioculturelles, pourquoi choisit-on la montagne ou la mer, telle activité plutôt qu'une autre, pourquoi part-on entre une et quatre semaines, un week-end ou seulement un dimanche ? Les pratiques liées aux loisirs relèvent d'une décision prise individuellement, liée à un système de perceptions et de comportements fortement corrélé à des variables socioculturelles.

La seconde est l'action de visiter, c'est-à-dire le processus de déplacement sur l'espace naturel que l'on considère souvent invariable dès que la décision de partir de la résidence est prise. La principale difficulté de l'évaluation de ce processus consiste à intégrer un comportement qui prend en compte un double déplacement dont les finalités sont différentes. Ce double déplacement s'inscrit sur une double échelle spatiale : un déplacement voiture sur un réseau (échelle kilométrique) dont la finalité est le transport, puis un ou plusieurs déplacements pédestres sur des sites naturels (échelle métrique) dont la finalité est la visite du site.

1). Le premier processus : le choix de l'espace à découvrir

Ce premier choix qui intervient, s'effectue en fonction d'un premier niveau d'organisation spatiale des territoires. Cette première "boite noire" intègre des processus de choix et de décisions directement liés à des pratiques sociales de consommation de temps libres. Pourquoi partons-nous plutôt à la mer qu'à la montagne, ici et pas ailleurs, en juin et pas en août, quinze jours ou un mois. Pour faire quoi : se détendre, faire du sport, visiter des monuments, ...?

Le choix de l'espace dépend de plusieurs facteurs qui sont d'ordre socio-économique et socioculturel. Socio-économiques parce que le déplacement possède un coût, il est fonction de la distance parcourue, du mode de transport utilisé et des sites visités (gratuits ou pas). Socioculturels, parce que les choix des déplacements sur les espaces naturels dépendent aussi des comportements individuels ou de groupes d'individus qui sont fonction de l'appréhension des espaces vécus et perçus qu'ils possèdent sur un territoire.

Selon R. Brunet[139] l'analyse des processus de perception – comportement des individus sur un espace, se fait en fonction de l'existence d'un monde réel ("*cela ne signifie pas que sa connaissance pleinement "objective" soit possible*"), organisé selon un système (dans le sens théorie générale des systèmes) dans lequel il existe des flux d'informations et sur lequel les hommes vont posséder des moyens d'actions.

[139] Brunet (R.), "*Espace, perception et comportement*", L'Espace Géographique, tome III, n°3, 1974. p. 189 – 204.

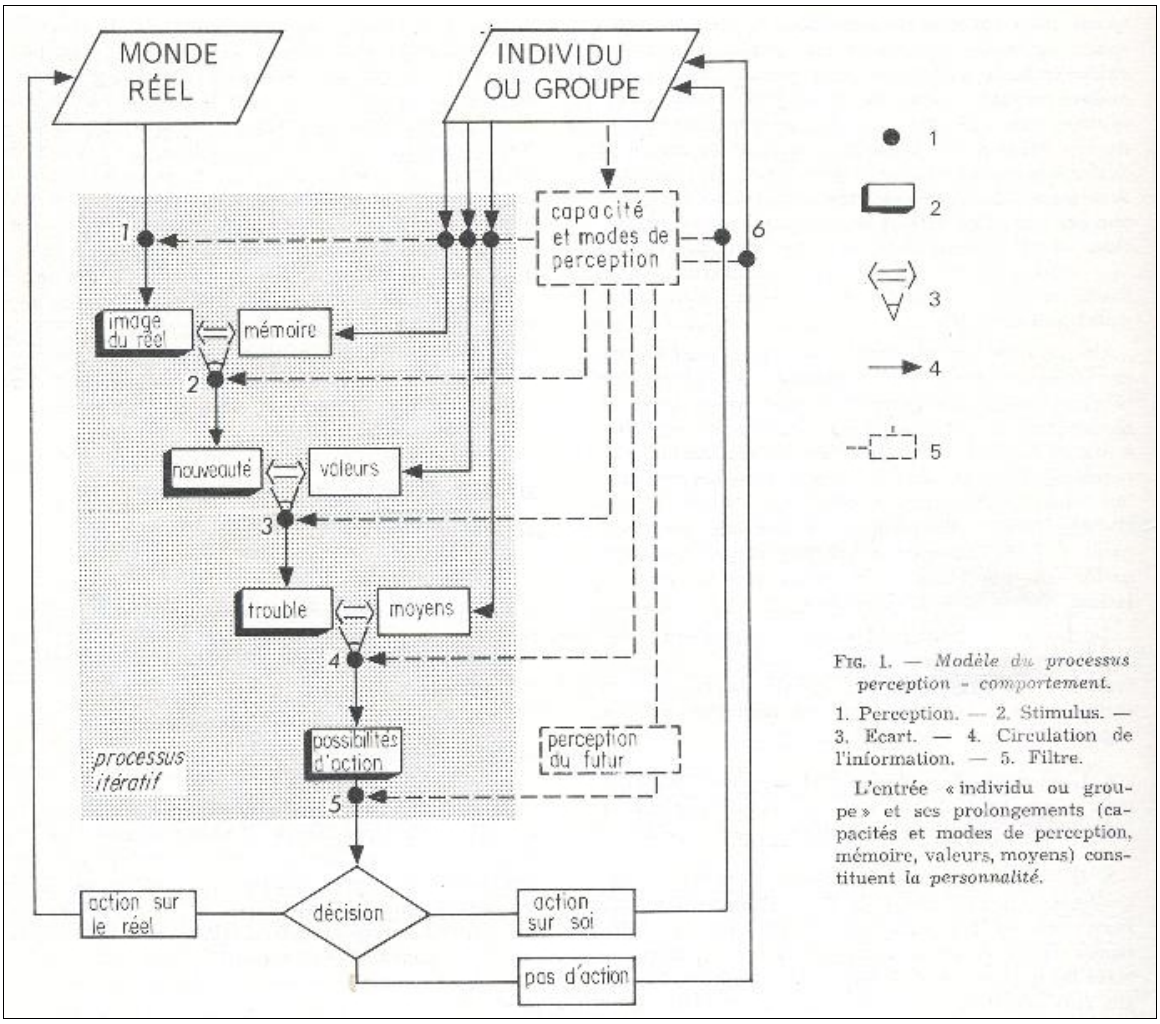


FIG. 1. — *Modèle du processus perception - comportement.*

1. Perception. — 2. Stimulus. — 3. Ecart. — 4. Circulation de l'information. — 5. Filtre.

L'entrée « individu ou groupe » et ses prolongements (capacités et modes de perception, mémoire, valeurs, moyens) constituent la *personnalité*.

Figure 25 : Modèle de perception / comportement de R. Brunet

Ces processus ne dépendent pas uniquement des variables économiques mais aussi des désirs que possèdent les individus, un moteur trop souvent délaissé car difficilement quantifiable par les théories économiques qui préfèrent un *homo œconomicus* au comportement rationnel dans le sens de maximalisation du profit.

Un modèle similaire est proposé par A. Bailly[140] pour analyser les mêmes processus de perception – comportement, concernant les paysages urbains, qui a pour résultat, la création d'un modèle simplifié du réel.

[140] Bailly (A.), "*La perception des paysages urbains, essai méthodologique*", L'Espace Géographique, tome III, n°3, 1974. p. 211 – 217.

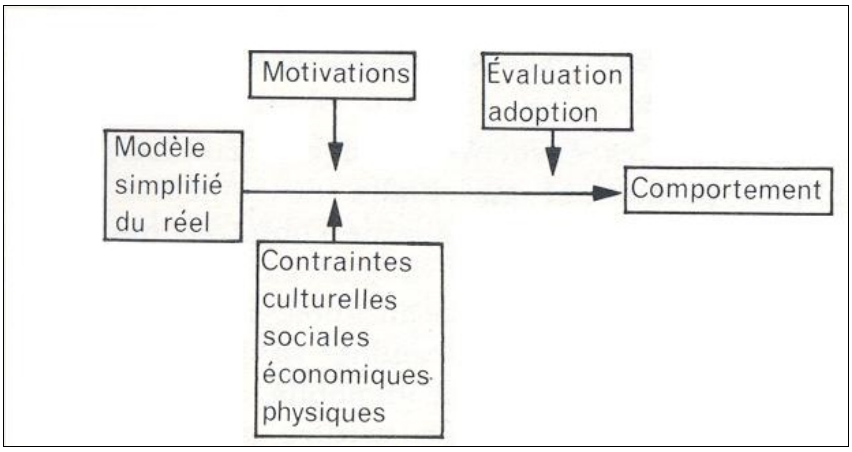


Figure 26 : Processus menant au comportement

Si ces modèles apparaissent cohérents, une chose reste gênante, elle l'est d'autant plus qu'elle concerne un élément essentiel de la problématique de fréquentation des espaces naturels. Le modèle proposé ne fait pas intervenir le "monde réel" comme une contrainte pouvant survenir après une décision, c'est-à-dire la capacité de l'espace à rendre obsolète ou à transformer une décision, soit que l'individu n'ait pas une connaissance totale du "monde réel" ou que la décision ne soit pas irrévocable. On peut alors voir émerger des phénomènes d'agrégation qui existent sur les espaces naturels. Ils se traduisent par des comportements grégaires particuliers, on a ainsi pu observer sur les pentes de certains sommets des Hautes Vosges[141] des sentiers, qui ne servaient strictement qu'à la descente ou qu'à la montée.

A. Bailly n'élabore son modèle que pour l'individu, R. Brunet ne différencie pas l'individu et le groupe. Or, cette agrégation de l'individu au groupe représente une question essentielle pour comprendre les processus de répartition sur les espaces naturels. Pourquoi a-t-on des sites sur-fréquentés et pourquoi ces sites présentent-ils des caractéristiques similaires tant dans leur accessibilité que dans leur attractivité (sites panoramiques, sommet de monts, lacs, sentiers sur balcons panoramiques...) ? Pourquoi a-t-on des déplacements qui répondent à des phénomènes périodiques d'heures de pointe ? Pourquoi les impacts sur les milieux naturels sont presque toujours les mêmes, et possèdent une très forte inertie ? Si certaines de ces questions trouvent des réponses rapidement, certaines sont plus complexes et soulèvent le problème d'un espace agissant sur les comportements individuels en créant des groupes distincts de visiteurs. Des interactions peuvent aussi apparaître entre les différentes catégories des pratiques récréatives individuelles et les contraintes liées aux propriétés spatiales des sites

[141] Decoupigny (F.), "*Etude fréquentation*.... op. cit.

comme les seuils dissuasifs de l'effet de foule sur un site[142].

Car comme on l'a vu précédemment, le visiteur est grégaire. Et l'une des particularités de la répartition des visiteurs est le caractère pseudo périodique et itératif des fréquentations sur les espaces naturels. Les sites fréquentés sont toujours les mêmes, et les formes de la consommation spatiale récréative évoluent peu (promenade en boucle ou en aller et retour)[143], les impacts sur les sentiers en témoignent (cf. *Figure 22,* page *95*). Il existe donc, une certaine régularité (pour ne pas dire "habitude collective") dans les formes de fréquentations des visiteurs sur les milieux naturels.

Le modèle théorique de R. Brunet est intéressant car il laisse apparaître une entrée possible pour appréhender le problème de l'analyse des processus de déplacements qui nous concerne.

Elle permet de poser des hypothèses sur le passage entre le comportement individuel et le comportement de groupe observé sur les espaces naturels récréatifs. Dans son modèle théorique, R. Brunet ne laisse pas entrevoir une action directe possible du monde réel sur les décisions des individus ou les groupes, or nous pensons qu'une des clés de compréhension du phénomène réside dans des interactions à plusieurs niveaux entre les entités spatiales du "monde réel" et l'individu. C'est-à-dire, que la case "action sur le réel", renfermerait alors une seconde "boite noire" dans laquelle des processus définiraient non seulement des conditions de répartition sur l'espace mais aussi des phénomènes d'agrégation des visiteurs en groupes de visiteurs.

Le "monde réel" possède, outre les caractéristiques inhérentes d'un espace social construit, vécu et perçu, des propriétés spatiales quantitatives. Elles se traduisent par des accessibilités et des attractivités qui structurent le réseau et vont interférer sur le choix d'une première décision émanant d'un premier processus modélisé par le modèle théorique de R. Brunet. Ces interactions appartiennent à un second processus, qui ont lieu lors du déplacement des individus sur les espaces naturels.

Dès lors que l'espace de déplacement est fini et circonscrit sur un territoire, qu'il possède un nombre limité de sites, ces sites étant eux-mêmes bornés, il est alors fort probable que des phénomènes d'agrégation interviennent, car il y a alors partage de l'utilisation d'un espace fini

[142] 78% des visiteurs choisissent des sites non sur fréquentés cf. page 35

[143] Les formes différentes de visites, telles que des promenades qui consistent à se faire déposer sur un site et à se faire reprendre ailleurs, sont marginales et concernent souvent une pratique récréative de grande randonnée ou de descente en canoë d'une rivière.

par un nombre plus ou moins important de visiteurs qui pratiquent un nombre limité d'activités avec des comportements grégaires.

2). Le second processus : la visite et le déplacement

Il s'agit ici de montrer l'importance de la structure de l'espace sur les types de comportements de déplacements qui dépendent de deux déplacements distincts sur deux échelles : le déplacement voiture et le déplacement pédestre.

a). Les déplacements 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 espaces touristiques et à l'accessibilité des sites aux points d'entrée. Ces points seront soit les résidences des visiteurs, soit des "villes portes"[144] ou des points d'entrée spécifiques si l'on veut agréger les points d'entrée. Il est important de savoir si la structure même d'un réseau d'accueil touristique 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.

Les réseaux d'accueil touristique sont caractérisés par une structure hiérarchisée autour d'un ou plusieurs sites principaux qui vont focaliser des flux et les affecter dans un second temps sur des sites secondaires lors d'un second déplacement. Une des particularités récurrentes sur ces réseaux est l'existence d'un site plus important qui va agir sur les espaces voisins comme un attracteur. Le visiteur qui se déplace en voiture va être en partie capté 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 pratiques récréatives des espaces naturels (cf. *Figure 32*, page 172).

b). Les déplacements pédestres : la visite

La seconde échelle de déplacement est liée à la façon dont les individus pratiquent l'espace lorsqu'ils quittent leurs voitures – le déplacement pédestre - c'est-à-dire la manière dont des

[144] Termes généralement employés dans les parcs naturels régionaux pour définir les principales villes aux abords des parcs et que nous reprendrons pour définir les villes qui sont émettrices des principaux flux entrants de

groupes d'individus se répartissent sur l'espace. L'étude de fréquentation faite sur les Hautes Vosges a mis en évidence une diffusion *radioconcentrique* des flux pédestres autour des points d'accessibilité que sont les parkings. Que l'on soit un touriste allemand, anglais, parisien ou résident, d'une catégorie socioprofessionnelle supérieure ou non, tous ces individus pratiquent 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 écologique[145] d'un espace naturel, cette agrégation permet de quantifier les pressions anthropiques et obtenir des informations indispensables en aménagement sur les potentiels des sites à accueillir des visiteurs.

B. Les trois éléments ou sous systèmes qui composent le système de déplacement

1). Un système complexe d'interactions

Les différents résultats obtenus, à partir d'observations effectuées sur des espaces, mettent en évidence la complexité des processus de déplacements des visiteurs sur les espaces naturels. S'il apparaît intuitivement qu'il est possible de traiter ces processus de déplacements comme une composante d'un système, encore faut-il en déterminer l'environnement, les principaux éléments en interactions plus ou moins hiérarchisés en sous systèmes, les règles de contraintes et identifier l'émergence de propriétés globales.

Nous entendons par système[146], tout ensemble de parties (ou d'éléments) interconnectées par des liaisons fonctionnelles d'une façon telle que trois catégories de propriétés en résultent :

- Les éléments dépendent les uns des autres dans leurs fonctionnements et leurs évolutions,

- Il en résulte l'émergence de propriétés globales,

---

visiteurs.

[145] 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.

[146] Chapitre introductif de l'ouvrage de Frontier, Pichod-Viale, "*Ecosystèmes : structure, fonctionnement, évolution*", Collection Ecologie 21, Masson, Paris, 1991.

- En retour, l'ensemble agit sur les parties.

Nous rajouterons à cette définition la notion de liaisons spatiales liées aux structures spatiales de l'espace de loisirs qui peuvent être considérées, comme nous le verrons ultérieurement dans ce chapitre, à des liaisons fonctionnelles, ou plus précisément aux interactions fonctionnelles de notre système ouvert composé d'individus (les visiteurs), d'un réseau et de lieux (les sites de visite).

La théorie des systèmes sera utilisée comme un outil méthodologique qui nous permettra de décomposer un système, d'isoler les principaux éléments de notre ensemble et les principales relations qui s'y opèrent afin d'émettre des hypothèses dont l'objectif sera d'élaborer, sur la base d'une formalisation de ces dernières, un modèle de simulation de déplacement et de répartition des visiteurs sur un espace dit naturel.

Toute la démarche systémique est orientée vers un raisonnement qui permet de définir les propriétés globales d'un système à partir de l'étude des éléments et de leurs interactions. Avoir donc une approche systémique, c'est avant tout adapter une méthodologie qui vise à poser ou décomposer un problème complexe. Elle ne fournit pas de solutions aux problèmes, elle permet d'énoncer les questions et fonde les axes de reflexion vers lesquels il est nécessaire de tendre pour déterminer et définir les éléments, les interactions, les propriétés globales, les différents équilibres d'un système.

2). Trois éléments en interaction

A partir de comptages réalisés sur les Vosges, et les comparaisons menées sur d'autres espaces (Ecrins, Pyrénées, Pont du Gard et trois parcs normands), nous avons mis en évidence des observations qui traduisent des interactions fortes entre des objets :

- influence de la morphologie des réseaux d'accueil (linéaire, maillé, arborescent, circulaire),

- diffusion pédestre radioconcentrique autour des points de stationnement,

- quel que soit le type de visiteurs, un déplacement est de la forme : résidence, voiture, parking, site.

Trois objets en interactions composent le système de déplacement. Ils vont être en interdépendance mutuelle par une relation triangulaire[147] et vont former le système de déplacement / visite.

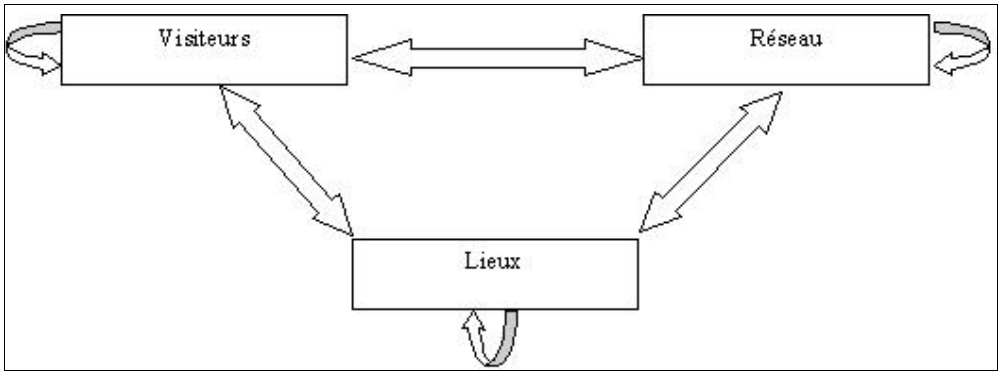


Figure 27 : Relation triangulaire entre nos trois éléments

C. Un espace fonctionnel et hiérarchisé

1). L'organisation systémique de l'ensemble espace - déplacements

Selon R. Brunet[148], "*une organisation spatiale peut se définir comme un ensemble plus ou moins cohérent de lieux mis en relation*", et nous avons pu observer que deux niveaux d'organisation des déplacements se dédoublaient sur l'espace utilisant chacun son réseau d'accueil, les routes pour le déplacement automobile, les sentiers pour les déplacements pédestres. Cette organisation est aussi présente sur d'autres espaces naturels ouverts à la fréquentation de visiteurs où l'on observe aussi des formes spatiales répétitives. On peut alors parler d'un système géographique, A. Dauphiné[149] le définit comme "*un ensemble d'éléments en interaction, d'espaces, caractérisés par des attributs, des variables quantitatives et qualitatives, qui sont en interactions*". Ces interactions sont de quatre types :

- Les interactions entre les structures fonctionnelles du système. L'offre spatiale des lieux (ou les sites) et les différentes pratiques récréatices des visiteurs interagissent et font que certains sites seront plus ou moins fréquentés par tels ou tels groupes de visiteurs.

[147] Nous reviendrons plus longuement, dans la seconde partie, sur ces trois éléments qui fondent les bases du développement du modèle que nous avons construit.
[148] Brunet (R.), "*La composition des modèles dans l'analyse spatiale*", L'Espace Géographique, Tome IX, n°4, 1980. p. 254.
[149] Dauphiné (A.), "*Les modèles de simulation en géographie*", Economica, Paris, 1987. p. 28

- Les interactions entre les structures spatiales. Le réseau et l'offre des sites structurent l'espace d'accueil en organisant des destinations privilégiées parce que certains sites seront plus ou moins accessibles sur le réseau.

- Les interactions entre structures fonctionnelles et spatiales. L'offre spatiale récréative du réseau d'accueil sera perçue de façon différente par les divers groupes de visiteurs. Les différentes pratiques récréatives des visiteurs et les offres récréatives des sites du réseau induisent des attractivités différenciées sur chaque site, les répartitions des visiteurs sur le réseau seront plus ou moins homogènes ou concentrées.

- Les interactions entre le système et son environnement. Les répartitions sur les sites provoquent des impacts et des transformations plus ou moins importantes, susceptibles de dégrader les sites et peuvent les rendre moins attractifs pour certains groupes de visiteurs.

Si on adopte une approche systémique, un territoire est une construction qui peut être le résultat des intéractions existantes entre les espaces de déplacements sur différents niveaux d'organisation et les visiteurs. Le jeux des interactions va faire émerger des propriétés globales qui vont définir l'espace récréatif. Ce qui implique une fonctionnalité de l'espace, c'est-à-dire la capacité de l'espace à pouvoir offrir un potentiel récréatif en fonction de déplacements possibles sur le réseau.

Ces différentes interactions s'inscrivent dans des processus bien établis dans le temps qui gèrent la répartition des visiteurs sur un réseau d'accueil dans une journée. P. Dumolard vient compléter la dimension temporelle des interactions spatiales causant des effets spatiaux en définissant la notion de processus, "*comme un ensemble actif et organisé dans le temps de phénomènes*". Les processus "*mettent en jeu des agents et des contraintes [ ] (avec) la possibilité d'apprentissage et de réponse à un stimulus*" et "*sont modifiables en cours de route*"[150].

Ces effets sont vérifiables sur les déplacements récréatifs, dans le cas par exemple d'un visiteur qui doit choisir entre un site très attractif nécessitant un long déplacement qui lui réduirait son temps de promenade et un site "moyen" moins attractif mais très facilement accessible. Cela revient à choisir entre une optimisation de la visite avec un déplacement à fortes contraintes et une minimisation des contraintes de déplacement sur un site moins attractif.

B. Walliser explique ces types de processus par des allers et retours des interactions entre

différentes stratifications ou niveaux d'organisation, "l*es structures relationnelles peuvent parfois être hiérarchisées, c'est-à-dire que l'on peut classer les sous systèmes en niveaux tels que chaque sous système d'un niveau est dans un double ensemble de relations*"[151] :

- il entretient des relations quelconques avec les sous systèmes de même niveau,
- il entretient des relations asymétriques avec les sous systèmes du niveau supérieur et inférieur.

Toute la difficulté de la complexité des déplacements réside dans ce paradoxe. Finalement tout dépend du niveau que l'on veut privilégier dans notre analyse.

Le cadre conceptuel systémique[152] a deux avantages, il permet une description de la structure du système donc du modèle sur les interdépendances et les interrelations existantes entre les éléments et permet d'avoir une problématique plus réaliste pour étudier l'évolution d'un système.

Il est alors nécessaire de définir ce que l'on entend par espace et quels en sont ses attributs. Tout le problème de la détermination des déplacements et de leur modélisation va dépendre des conditions dans lesquelles les différents éléments rentreront en action les uns avec les autres. C'est pour cela que la principale simplification de la modélisation sera de considérer que le processus de déplacement se déroule dans le temps en fonction d'étapes successives :

Résidence➔ déplacement voiture 1➔ stationnement 1 ➔ visite 1➔ déplacement 2 ➔ stationnement 2 ➔ visite 2➔....➔ déplacement n ➔ stationnement n ➔ visite n➔ retour résidence.

2). Un espace de déplacement

En aménagement, l'espace est l'objet sur lequel on intervient, et comme tout objet nous devons le définir. L'espace est physique et humanisé. En tant qu'aménageurs, nous pensons qu'il est possible d'agir sur l'espace et que certains comportements peuvent être orientés. On se place au second niveau de la décision du choix de déplacement : deuxième processus de choix qui a lieu lors du déplacement (seconde "boite noire", *figure 24*, page 101). Dans cette configuration, on considère donc que la variable d'état est l'espace et le comportement de

[150] Dumolard (P.), "*L'espace différencié*", Economica, Coll. Géographia-2, Paris, 1981. p. 37.
[151] Waliser (B.), "*Systèmes et modèles. Introduction critique à l'analyse des systèmes*", éditions du Seuil, Paris, 1977. p. 54
[152] Pumain (D.), Sanders (L.), Saint Julien (T.), " *Ville et auto-organisation*", Economica, Paris, 1989. p.11

l'individu n'est qu'une variable explicative. Si l'on avait traité la première "boite noire", nous aurions pris l'hypothèse contraire.

On touche ici un des fondements d'une hypothèse de notre thèse, l'espace préexiste. Car souvent un site touristique est un lieu qui a changé d'affectation : une abbaye, un centre ville médiéval, la gare d'Orsay, etc., les exemples sont nombreux. On peut même dire que c'est le cas pour tous les sites à l'exception des lieux "hors sol" ou "hors territoire" (parc d'attraction et certaines bulles tropicales), ce sont des sites qui exploitent un espace déjà construit.

Si l'espace joue un rôle prépondérant dans l'organisation des déplacements de visiteurs sur un réseau, nous devons aussi introduire la notion de forme du réseau. Sans aller aussi loin que R. Thom [153] sur la théorie des catastrophes, qui explique la création des formes par le résultat d'un conflit d'attracteurs, il s'avère que l'organisation des sites sur un réseau qui possède une forme et une taille va agir sur les temps de déplacements donc des répartitions. L'espace récréatif, encore une fois, ne peut être la résultante d'un de ces conflits d'attracteur, car l'espace récréatif préexiste au processus de diffusion de visiteurs et la principale caractéristique d'un site est le fait qu'il est devenu touristique, autrement dit ce sont des espaces qui ont connu une réaffectation de leur fonctionnalité et sont probablement connus ou connaissables au départ du déplacement.

a). Un espace réseau fonctionnel

Les différentes interactions entre les trois éléments laissent apparaître un espace réseau qui remplit une fonction récréative structurée et hiérarchisée par des lieux qui sont plus ou moins bien équipés, dotés en curiosités naturelles et accessibles.

L'espace est hiérarchisé par les interactions entre le visiteur et le lieu. Elles peuvent prendre plusieurs formes de la notoriété des sites (majeurs et secondaires) en passant par l'attractivité des sites face à certains types de comportements et de pratiques récréatives (aires de diffusion). Mais l'espace est aussi rendu fonctionnel par les interactions entre le lieu et le réseau (accessibilité des sites sur le réseau et offre spatiale des sites), qui laissent supposer que notre espace est valué et normé sur deux échelles de déplacements (distance et temps de déplacement voiture, temps de visite sur l'aire de diffusion).

La corrélation des observations laisse penser qu'il existe peut-être un "*espace fonctionnel récréatif*"

qui répond à certains critères apparaissant invariants quel que soit le type de milieu naturel dans lequel les flux touristiques se répartissent, les trois éléments structurant alors l'espace.

L'existence d'une offre spatiale ne certifie pas que l'espace récréatif existe pour autant. C'est la valeur de l'attractivité des sites (connue ou connaissable par des informations) qui va faire que l'espace récréatif sera hiérarchisé, classé en fonction des critères des visiteurs. Alors l'espace peut être caractérisé par une position relative des lieux sur le réseau en fonction de la valeur de l'offre spatiale relative donnée par chacun des types de consommateurs potentiels.

L'espace récréatif peut ainsi apparaître comme un espace fonctionnel structuré et organisé en réseau hiérarchisé. Il détermine une "offre spatiale récréative" sur laquelle vont s'organiser les pratiques récréatives de consommations spatiales.

Les déplacements et consécutivement les fréquentations touristiques sur un espace dépendent des comportements de déplacement qu'ont les touristes sur un espace structuré et existant. En d'autres termes, l'espace et ses capacités d'accueil déterminent les déplacements touristiques qui vont à leur tour engendrer une dynamique qui va transformer l'espace en le réorganisant et en hiérarchisant les sites entre eux.

Les déplacements et les fréquentations, orientés dans un premier temps par un réseau de sites hiérarchisés, vont dans un second temps transformer l'espace d'accueil (apparition de nouveaux sites, circuits touristiques...).

b). Définir des unités de mesure

Intuitivement, l'espace possède des limites floues. En écologie, on parle de zone tampon pour les interfaces des différents milieux, ce sont des espaces qui gèrent les interactions hautement complexes et, dans la nature, ils apparaissent comme les milieux les plus riches et les plus intéressants pour leur biodiversité.

Nous devons déterminer les processus issus des différents éléments en interactions sur une surface et les mesurer. Or, cette nécessité de quantifier des processus doit être précédée par une détermination des unités de mesure.

Toute la difficulté sera de définir une limite à un espace fonctionnel, c'est-à-dire de déterminer des espaces de déplacement récréatifs localisés sur le territoire, ce qui implique d'identifier les

[153] Thom (R.), "*Stabilité structurelle et morphogenèse*", Interéditions, Paris,1973.

caractéristiques absolues associées à l'espace relatif - normalisation des différentes échelles et valuation des distances temps - mais aussi des "normes" et des règles de comportement de diffusion spatiale (aires de diffusion, temps de déplacement maximum).

Comme on l'a vu précédemment, l'aménageur se doit de définir des limites à l'espace. Paradoxalement, il n'est pas ici question de savoir si l'espace possède théoriquement des limites identifiables, mais le cadre opératoire de l'aménagement nécessite une prise de décision sur un espace, c'est-à-dire que l'on doit identifier une surface, donc des valeurs quantitatives référencées à des unités de mesure.

Conclusion

Si le travail, à l'origine, était d'évaluer les impacts des fréquentations, il a fallu se rendre à l'évidence qu'il était impossible de les évaluer si l'on n'avait pas simultanément des informations sur les quantités de visiteurs et sur les formes de diffusion spatiales liées aux comportements pédestres des individus sur les espaces naturels. Il a donc fallu travailler sur de nouvelles méthodes d'évaluation. L'objectif fut donc de faire un état zéro de la fréquentation et très vite les résultats ont montré l'importance des facteurs de déplacement par rapport à l'offre de l'espace et une fréquentation de visiteurs suffisamment structurée autour d'un ensemble d'éléments fortement dépendants les uns des autres : un espace comportant un réseau de sites avec des comportements de pratiques spatiales bien établis.

C'est grâce aux observations faites au cours de cette étude, que nous pouvons émettre des hypothèses quant à l'émergence de certaines propriétés globales. Une des caractéristiques des systèmes réside dans l'imprévisibilité de cette émergence de propriétés, et, si l'on veut les étudier, une méthode efficace consiste, à partir d'observations, à avoir une approche empirique et expérimentale.

Deux types de propriétés globales sont apparues, les premières directement issues de l'observation (comportement de groupes, aires de diffusion, morphologie du réseau) vont donneer les principales hypothèses de formalisation du modèle, les secondes sont issues des résultats de l'analyse explicative des simulations du modèle (seuils et effet de réseau) que nous aborderons dans la troisième partie.

A partir des différentes observations, nous avons émis des hypothèses sur des caractéristiques de l'offre spatiale et sur des comportements de pratiques spatiales récréatives susceptibles d'agir sur les répartitions des flux touristiques sur les espaces naturels, sans pour autant nier le

rôle de la demande touristique et de sa causalité (indicateurs et contraintes sociologiques de l'individu). Avant d'être une action de visiter, nous pensons que le tourisme se réfère aussi à l'action de déplacement, et que ce déplacement est soumis à des contraintes non seulement socio-économiques qui agissent sur l'individu (revenus, groupes sociaux, représentations sociales de l'espace...) mais aussi spatiale (type de réseau, type d'espace, valeur paysagère, niveau d'équipement, accessibilité...) et présuppose la possession d'informations sur le réseau de sites.

Cette corrélation des observations laisse penser qu'il existe peut-être un "*espace fonctionnel récréatif*" qui répond à certains critères qui apparaissent invariants quel que soit le type de milieu naturel dans lequel des flux touristiques se répartissent.

Ce qui ressort le plus fortement, lorsque l'on observe les divers types de pratiques spatiales (répartition, diffusion), c'est l'étroite dépendance des comportements face à la structure de l'espace.

En effet, la relation entre comportements et espace induit des déplacements, qui semblent s'organiser autour de "*l'offre spatiale*".

Cette "*offre spatiale*" représente la capacité d'un territoire à recevoir des flux de consommateurs de temps libres : c'est-à-dire à organiser et à orienter les déplacements sur des circuits de circulation et à fixer des flux sur des sites structurés et hiérarchisés par un réseau.

CONCLUSION

Comme nous l'avons vu, les difficultés à définir des espaces récréatifs viennent du fait que l'on tente absolument de différencier les loisirs de proximité du tourisme. Si le tourisme est inclus dans les loisirs, la réciproque est fausse. On serait tenté d'affirmer que le tourisme n'est qu'un sous ensemble des loisirs. Cette notion d'inclusion implique alors que les déplacements sur les espaces naturels peuvent être appréhendés de façon globale sans effectuer a priori une segmentation des populations. Nous pouvons alors considérer qu'il existe des individus qui se déplacent sur des espaces naturels à des fins récréatives en dehors de toute spéculation quant aux types de pratiques de consommation du temps libre, segmentations en catégories sociales, vacances, week-end ou excursion.

En supprimant a priori ces hypothèses implicites des modèles spécifiques utilisés dans notre domaine, on peut ainsi gagner en généralités : plus les hypothèses sont restreintes plus les conclusions sont potentiellement riches.

Ces dernières années, le tourisme a radicalement changé, on parle plus en termes de loisirs, on part moins longtemps mais plus souvent (pour ceux qui partent en vacances), on fréquente de plus en plus les espaces touristiques lors des week-ends et le dimanche alors que nos grands parents s'y déplaçaient uniquement une fois l'an. Si l'on rajoute à cela la recherche d'un cadre de vie agréable, la croissance de la mobilité, de l'utilisation de la voiture et des réseaux de transports, il devient évident que les centres urbains dégagent potentiellement plus de visiteurs sur leurs espaces naturels périphériques, que les villes enclavées des régions de la "diagonale du vide". Comme l'ont été les activités économiques de l'ère industrielle, cette activité postindustrielle que sont les loisirs est un phénomène concomitant à l'évolution du monde urbain dans nos civilisations occidentales. La croissance des activités de loisirs associée aux espaces naturels a pour conséquence de rapprocher la ville de la campagne de structurer différemment les territoires de la ville.

Le tourisme est une activité bien mieux cernée que les loisirs. On sait ce que veulent les vacanciers, des moyens de transports pour se déplacer, des régions d'accueil pour un temps de séjour, des hébergements pour se loger, des activités pour s'occuper et bien sûr on connaît leur budget. Quant aux loisirs, c'est plus flou et cela d'autant plus que les déplacements sur les

espaces naturels sont souvent assimilés à un déplacement sur un espace public gratuit.

Ces observations nous ont permis de dresser les principales caractéristiques d'un déplacement de visiteurs sur un espace ouvert sur des espaces naturels. Les résultats obtenus mettent en évidence les deux concepts fondamentaux d'accessibilité et d'attractivité qui interviennent à plusieurs niveaux.

En fonction des pratiques récréatives, de la possibilité de visiter des sites plus ou moins éloignés, d'existence de circuits qui permettent de visiter plusieurs sites avec un minimum de déplacement entre eux, de l'accessibilité de ces derniers et de leur "*offre spatiale naturelle*" (nombre de curiosités naturelles), nous obtiendrons des déplacements et des formes de répartitions différentes sur le territoire.

Par ailleurs, les résultats des observations sur les différents espaces nous ont permis de mettre en exergue la complexité des interactions qui gèrent les déplacements des visiteurs sur les espaces naturels. Nous avons bien deux déplacements qui correspondent à deux phases distinctes : le déplacement d'accessibilité au site qui se fait en voiture et le déplacement pédestre qui se diffuse sur les milieux naturels. Les deux sont successifs et liés l'un à l'autre.

Il est alors possible qu'en fonction de la morphologie du réseau, certains comportements de visite apparaissent. Si le déplacement voiture est trop long, le temps de visite diminue, dans le cas contraire, en augmentant le temps de promenade, on restreint alors le nombre de sites visités.

Les processus de déplacements et les répartitions induites sont dépendants de trois éléments en interactions - le visiteur, le lieu et le réseau - et semblent induire un espace récréatif hiérarchisé et fonctionnel suivant les types de déplacements que choisissent les visiteurs sur un réseau d'accueil.

Partie 2.

FORMALISATION DES DEPLACEMENTS

INTRODUCTION :
QUE MODELISE-T-ON ? ET POURQUOI ?

Un modèle "*recouvre toute représentation d'un système réel, qu'elle soit mentale ou physique, exprimée sous forme verbale, graphique ou mathématique*"[154]. Pour B. Walliser, les modèles servent à décrire et analyser des systèmes plus ou moins complexes gérés par des éléments et des sous-systèmes en interactions sur différents niveaux d'organisation. La complexité de l'ensemble à étudier nécessite alors une méthodologie qui requiert des protocoles bien déterminés, consistant à identifier les éléments en interactions et les formes de relations existantes entre les différents éléments. Etant donné qu'un système complexe est par essence irréductible[155], la méthode qui vise à décomposer un système complexe apparaîtra alors comme une réduction de la complexité afin de construire un outil intelligible. L'objectif ne sera pas de décrire la réalité mais de la comprendre en ayant isolé des éléments bien déterminés en fonction d'hypothèses posées a priori. "*Un modèle peut être conçu soit comme une représentation aussi correcte que possible du système, soit comme un moyen d'étudier ses propriétés et de tester la qualité des connaissances que l'on possède à son sujet*"[156].

La construction d'un modèle résulte de deux choix. Le premier, sur le constat que certains processus et hypothèses induits ne peuvent être analysés qu'en fonction de certaines règles ce qui implique alors l'utilisation rigoureuse d'une méthodologie. Le second, lorsqu'il est scientifiquement possible d'utiliser différents outils de modélisation, le choix du type de modèle représente en lui-même une hypothèse.

Dans notre cas, nous avons émis l'hypothèse de la fonctionnalité d'un espace naturel récréatif, ce dernier pouvant être fortement orienté par la structure et l'organisation d'un territoire. 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, il apparaît que les modèles d'interactions spatiales sont adaptés à la modélisation de ces processus.

---

154 Walliser (B.), " *Systèmes et modèles* ..., op cit . p. 116.
155 Le Moigne (J.L.), "*La modélisation des systèmes complexes*", AFCET Systèmes, Dunod, Paris, 1990.
156 Sacchi (C.), "Ecologie", in CD rom Encyclopédie Universalis, , vol 7, p 861.

La construction du modèle de simulation s'appuie sur l'architecture d'un modèle gravitaire, qui va définir, pour chacun des types de visiteurs, les attractions des différents parkings ouvrant sur des sites naturels. Ces attractions sont calculées en fonction de la valeur du site[157] ("offre spatiale naturelle") et des interactions produites avec les sites voisins. Le modèle que nous avons appelé **FRED** (**Fr**équentation **E**t **D**éplacement) calcule alors, à partir des accessibilités aux points de départ des déplacements ("villes portes"), la probabilité que possède chaque site de fixer des quantités différenciées suivant les types de visiteurs - les contemplatifs, les promeneurs et les randonneurs - que nous avons mis en évidence précédemment.

A partir de l'utilisation de la théorie des graphes et des travaux antérieurs du laboratoire du CESA[158] sur l'utilisation de cette théorie concernant les transports[159], 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 les nœuds du graphe.

---

[157] Dans tout notre propos, lorsque l'on mentionnera le mot site, celui ci désignera un parking ouvert sur un espace naturel.

[158] Développement des modèles de simulations : D-Locat (Mathis, 1996), MAP (L'Hostis, 1997), NOD (Chapelon, 1997), ResDynam (Baptiste, 1998), Mario (Larribe, 1999), 3D-IMA (Serrhini, 2000), FRED (Decoupigny, 2000).

[159] Auray (J.P.), Mathis (Ph.), "*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. p. 81 – 88.

L'Hostis (A.), "*Image de synthèse pour l'aménagement du territoire : la déformation de l'espace par les réseaux de transp*ort rapide", Thèse de Doctorat, Tours. – 1997. p. 306.

Chapitre 1. POSITIONNEMENT DU MODELE FRED

Introduction

Dans la première partie du travail nous avons abouti à des conclusions qui ouvraient sur un certain nombre d'hypothèses. Nous avons décomposé le processus de déplacement comme étant la résultante de trois éléments en interactions sur un réseau de lieux plus ou moins hiérarchisés sur lequel les déplacements s'appuient. Ce réseau, soumis à différents processus de répartition des visiteurs dans l'espace évolue, se transforme et s'accroît au gré des pressions touristiques.

Ce choix du modèle est soumis à des conditions initiales qui peuvent se résumer à deux interrogations, modélise-t-on une demande ou une offre spatiale, et pour cela utilise-t-on un modèle inductif ou déductif ? La première question se rapporte à ce que l'on veut montrer, la seconde à l'état de connaissance que nous avons des processus, des quantités des données disponibles et de leur niveau de précision que nous avons sur nos espaces étudiés[160].

Pour cela nous allons voir plusieurs types de modèles qui traitent de la localisation et de la répartition des individus sur l'espace, les modèles de choix discret, d'interactions spatiales, et les systèmes multi-agents (SMA).

Section 1. Choix du modèle théorique

En France, les déplacements n'ont pas été étudiés du moins à travers une recherche sur les processus qui gèrent les déplacements récréatifs sur les espaces naturels. Il n'existe pas en aménagement, en économie ou en géographie de modèle général d'analyse spatiale traitant des déplacements des individus sur les espaces récréatifs, tels qu'ils peuvent exister en analyse

[160] Etude de fréquentation sur les Vosges, les trois parcs normands, le Pont du Gard et les parcs nationaux des Ecrins et des Pyrénées Occidentales.

urbaine sur diverses thématiques : transports intra et inter urbains, migrations pendulaires domicile travail, localisation des supermarchés...

A. Choix des processus à modéliser

1). Tenir compte de l'échelle du déplacement

Nous ne dresserons pas un historique de la modélisation en géographie ou en économie spatiale, d'autres comme R Camagni, C. Cauvin, A. Dauphiné, F. Durand-Dastes, P. Hagett, H. Jayet, Ph. Mathis, D. Pumain, L. Sanders,... l'ont fait infiniment mieux que nous le pourrions. Notre principal problème est de modéliser un processus qui intègre plusieurs échelles de déplacements. Il consiste à rechercher un moyen de formaliser des processus avec les outils adéquats. Nous devons tenir compte des hypothèses qui nous imposent des méthodologies et des échelles de déplacements. Les outils de la formalisation ne seront pas les mêmes selon qu'on se place sur des échelles de déplacements intercontinentales, régionales, ou locales.

Comme nous l'avons défini avec nos deux mécanismes de choix, la décision et la visite[161], un modèle de décision de choix spatiaux peut être abordé de deux façons. On peut modéliser la répartition des individus sur un espace en fonction de variables dépendantes des comportements des visiteurs et de paramètres spatiaux, dans ce cas, on tente de déterminer les diverses formes de comportements à partir d'un modèle désagrégé modélisant des comportements individuels à l'aide d'un modèle de comportements à choix discrets de type Logit ou Probit. Mais on peut aussi formaliser un processus agrégé de choix en fonction de variables spatiales, à partir de comportements des visiteurs prédéterminés, dès lors on tente d'expliquer les structures spatiales et d'identifier des indicateurs spatiaux qui distribuent les visiteurs sur un espace naturel, les modèles d'interactions spatiales se prêtent bien à ce type de problème.

Nous avons à notre disposition plusieurs types de modèles fondamentaux d'analyse spatiale et de modélisation de processus de diffusion et de répartition sur un territoire. Notre analyse portera sur le choix d'un outil de modélisation pertinent pour notre objectif qui est de modéliser les processus de déplacements et de visites sur les espaces naturels.

[161] cf. le paragraphe en première partie : Deux "boites noires", page 100.

La décomposition du déplacement, en deux mécanismes (décision et visite), basée sur une différenciation entre la décision de se déplacer et l'action de se déplacer nous impose a priori de distinguer les outils nécessaires à leur modélisation.

Pour cela nous avons, en fonction de l'ordre de grandeur des déplacements et du type de processus de déplacement (décision et visite), distingué trois types de modélisation. Chacune pertinente pour une échelle donnée et un niveau d'agrégation des comportements des individus, elles intègrent de manière différente l'espace et les différentes pratiques récréatives sur les espaces naturels.

La première correspond aux processus de sélection s'opérant dans le premier mécanisme de choix. Il a pour résultat une décision qui détermine le temps de séjour ou de promenade, la thématique des activités récréatives (patrimoine, découverte nature, sport, ...) et le territoire (régional, national, international, intercontinentale) ; en résumé ce sont tous les processus de décisions s'opérant avant le déplacement. Ces processus de choix, comme nous l'avons vu, sont soumis à des variables socio-économiques et socioculturelles.

Les modèles les plus adéquats pour formaliser ces types de processus sont des modèles désagrégés de type Logit et Probit. Plus l'échelle de déplacement est petite, plus ces modèles se trouvent être efficaces. Pour des déplacements intercontinentaux ou tout simplement des déplacements qui nécessitent au moins une journée de déplacement (tout mode de transports confondus) n'avoir qu'une approche purement spatiale a peu de sens car les choix ne sont pas contraints par des variables quantitatives sur la distance ou le temps, mais de coûts de transports, de motivations individuelles et du niveau de connaissance de l'espace d'accueil des visiteurs.

Les destinations les plus lointaines ne sont pas toujours les plus onéreuses ou les plus longues en temps de parcours, tout ceci dépend de variables explicatives concernant des phénomènes microéconomiques de gestion commerciale des transporteurs, les escales, les fréquences de desserte et de la demande des consommateurs...

Le second appartient au deuxième mécanisme de choix qui se réfère au processus des déplacement, la visite. Il formalise un processus de déplacements s'inscrivant sur une échelle kilométrique (échelle méso) bornée sur une journée. Elle vise à modéliser un déplacement à partir d'une décision prise précédemment dans la première "boîte noire". Les modèles d'interactions spatiales se prêtent bien à ce type de problématique et tout particulièrement les

modèles gravitaires qui permettent d'appréhender des phénomènes de diffusion agrégée et de répartition des flux sur des réseaux d'accueil structurés en graphe (circuits touristiques, routes touristiques, sites touristiques...).

Le troisième type de modélisation correspond à la formalisation des déplacements pédestres sur des espaces naturels dont l'échelle de grandeur est métrique (échelle micro du déplacement). Nous avons pour ces types de modélisation des outils désagrégés puissants liés aux nouvelles technologies informatiques (modélisation multi-agents, automate cellulaire...).

Le modèle parfait serait un modèle qui puisse intégrer les trois processus qui gèrent un déplacement : la décision de se déplacer, le déplacement sur un réseau, le déplacement pédestre sur un site. Le modèle que nous développons modélise les déplacements en postulant que la décision sur le déplacement et l'activité a été prise, c'est-à-dire que les individus connaissent déjà les activités qu'ils viennent pratiquer sur l'espace naturel, mais cette décision connaît des "adaptations" et provoque des bifurcations lors du déplacement qui, nous semble-t-il, sont liées à la structure et à la fonctionnalité de l'espace.

2). Les modèles comportementaux à choix discrets

Nous n'avons pas retenu les modèles comportementaux à choix discrets de type Logit, car ces modèles sont désagrégés et probabilistes. Leur utilisation est destinée à des problèmes qui visent à déterminer les variables explicatives d'un choix, ce qui correspondrait beaucoup plus à la problématique du processus de choix s'opérant au premier niveau de décision.

Le système décrit par les deux mécanismes de choix, suppose que la décision du déplacement vers un espace naturel, l'activité et le temps de présence, a été prise avant le déplacement. C'est-à-dire que le visiteur n'attend pas d'être sur l'espace naturel pour décider du type d'activité qu'il va pratiquer. Pour un habitant d'une ville, en prenant l'exemple de Mulhouse, le choix peut se faire en fonction de plusieurs critères.

Choix du thème de l'activité	*Choix de l'espace naturel*	*Durée du déplacement*
Sportive *Culturelle* *Promenade* *Randonnée* ...	*Ballons des Vosges* *Vosges du Nord* *Jura* *Alpes Suisses* *Forêt Noire*	*Week – end* *Une journée* *Une ½ journée*

Tableau 17 : Modalités entrant dans le choix d'un déplacement sur un espace naturel

Dans ce cas, il est alors possible de déterminer l'espace naturel choisi en fonction d'un modèle de choix discret. Ces modèles sous-tendent généralement une prédominance de la demande,

c'est-à-dire l'hypothèse qu'un agent optimise une valeur d'usage d'un service ou d'un équipement sur un territoire. Ces modèles explicatifs possèdent un développement analytique désagrégé de type logistique, ce qui permet à partir de la modélisation d'un comportement individuel de définir et d'analyser l'émergence des comportements de groupe.

Ces modèles ont été développés, par les économistes, pour palier certaines déficiences des modèles gravitaires qui se trouvaient dans l'impossibilité de découvrir la nature des processus qui étaient à la base de la prise de décision des consommateurs par rapport à une offre de service localisée sur le territoire, "*Le modèle gravitaire a des agrégats spatiaux pour objet et non pas les individus maîtres de leurs décisions*"[162].

Le principe de la modélisation consiste à définir une fonction d'utilité qui mesure des préférences en fonction des probabilités qu'une modalité de choix apparaisse parmi une série limitée d'option[163].

Les processus qui engendrent les choix individuels dépendent de deux théories formelles, la première postule des règles de décisions aléatoires et des utilités déterministes (théorie de l'utilité stricte), la seconde des utilités aléatoires mais des règles de décisions déterministes (théorie de l'utilité aléatoire) ce qui permet d'introduire une rationalité limitée dont l'objectif est d'analyser les comportements spatiaux du consommateur.

C'est sur les conditions d'utilisation qu'interviennent les principales critiques de R. Camagni[164] inhérentes aux théories utilisées qui postulent une rationalité des comportements individuels, une distribution commune des probabilités et une indépendance des termes aléatoires distribués pour chacun des décideurs. Mais l'une des critiques soulevée par J.C. Thill et H. Timmermans réside dans l'unicité du choix, c'est-à-dire que les individus ne choisissent qu'une et une seule modalité. Les limites d'utilisation de ces modèles se sont justement révélées pour modéliser les choix des destinations de déplacements en milieu urbain comportant plusieurs arrêts.

Le problème a été résolu en modélisant les déplacements à arrêts multiples en séquence

---

162 Thill (J.C.), Timmermans (H.), "*Analyse des décisions spatiales et du processus de choix des consommateurs*", Espace Géographique, n°2, 1992. p.143 – 166.
163 Van de Vyvere (Y.), "*Les modèles de choix discret en géographie : une introduction.*", Espace géographique, n°1, 1995. p. 1 – 10.
164 Camagni (R.), "*Principes et modèles de l'économie urbaine*", Economica, coll. Bibliothèque de science régionale, Paris, 1996. p. 214.

(chaîne) de déplacement à partir de l'utilisation d'un modèle markovien[165]. Mais si le modèle postule que l'état suivant dépend de l'état précédent, il ne prend pas en compte la totalité de l'historicité d'un déplacement si le nombre dépasse deux arrêts, il se peut alors que l'individu revienne sur un arrêt précédent, or nous pensons qu'un visiteur ne revient pas sur un site qu'il a déjà visité dans la journée.

Mais ces modèles de choix discrets peuvent avoir d'autres utilisations en géographie. Pour L. Sanders[166], le modèle Logit permet de hiérarchiser et de confronter l'influence des variables sur les phénomènes géographiques observés et mesurés et de mettre en évidence des interrelations entre l'ensemble des variables. Le modèle est alors utilisé comme un modèle statistique afin de pouvoir analyser des informations issues de variables qualitatives[167].

Variables à expliquer	**Quantitatives**	**Qualitatives**	**Quantitatives et qualitatives**
Quantitatives	*Régression multiple*	*Analyse de la variance*	*Analyse de la covariance*
Qualitatives	*Logit* *Probit*	*Test de chi 2* *Logit*	*Logit* *Probit*

Tableau 18 : Types de variables et modèles statistiques

B. Les modèles d'interactions spatiales

Il existe peu de modèles de déplacement de visiteurs sur et vers les espaces naturels, les seuls qui existent portent sur des applications concrètes faisant suite à des études et possèdent une portée générale limitée. Que cela soit pour les milieux urbains ou naturels, l'analyse des déplacements (hors migrations pendulaires domicile - travail) est quelque chose de relativement récent, de plus à notre connaissance, il n'existe pas de modèle de déplacement simulant les migrations pendulaires dites récréatives.

Les modèles d'interactions sont des modèles statiques plus descriptifs qu'explicatifs car ils sont dans l'impossibilité de découvrir la nature des processus, mais ils possèdent l'avantage d'intégrer pleinement l'espace dans leur développement. " *L'analyse de l'interaction spatiale cherche à comprendre les modalités de ces échanges et à mettre en évidence les conditions générales qui les gouvernent.*"[168]

165 Thill (J.C.), Timmermans (H.), "*Analyse des décisions*... op. cit.
166 Sanders (L.), "*Géographie et statistiques*", *in* Encyclopédie de géographie, sous la dir. A. Bailly, R. Ferras et D. Pumain, Economica, Paris, 1992. p. 282.
167 Méthode qui fut utilisée, par F. Durand - Dastès et L. Sanders en 1991, pour analyser les différences des taux de réussite au baccalauréat.
168 Beguin (H.), "*La géographie économique*", *in* Les concepts de la géographie humaine, Bailly Antoine et al, Armand Colin, coll. Géographie, 1998. p.164-174.

Les modèles d'interaction sont des modèles de décroissance et tentent de modéliser l'effet d'atténuation produit par la distance sur des échanges de flux. Les observations effectuées lors de la première partie laissent supposer un rôle de la distance dans les formes de répartition des visiteurs sur l'espace. "*L'interaction est un concept fondamental, initial, qui exprime le lien, l'échange, la dépendance et parfois la causalité*"[169].

Les modèles basés sur l'interaction spatiale représentent, sans nul doute, le choix le plus important de modèles existant en analyse spatiale. Pour R. Camagni[170], les modèles statiques, que sont les modèles d'interactions spatiales, permettent de décrire et d'interpréter les structures de l'espace. Ces systèmes sont formalisés sur la base de relations fonctionnelles et donnent des outils qui modélisent très bien des processus dépendants des hiérarchies et des fonctionnalités existantes sur l'espace.

Les différents travaux effectués au laboratoire du CESA ont bien mis en évidence l'utilité des modèles d'interactions spatiales dans des applications à des fins de simulations d'impacts d'un réseau de transport en aménagement du territoire[171].

1). Le choix du modèle spatialisé

Nous disposons, en matière de modélisation spatiale d'un certain nombre d'outils intelligibles explicatifs, descriptifs et normatifs capables de définir et de déterminer des processus d'organisation spatiale sur un espace structuré en réseau et hiérarchisé (modèles d'interaction spatiale et théorie des graphes).

La question du choix du modèle d'interaction se résume par la classification que fait P. Hagett[172] lorsqu'il définit deux types de modèles d'interactions généralement développés, les modèles déductifs qui s'inspirent du modèle de gravité de Newton, et les modèles inductifs utilisés de façon empirique pour des ajustements de courbes (de type Pareto). A. Dauphiné[173] pose le sujet en abordant le problème "*pour construire une hiérarchie des pôles, deux techniques sont disponibles : la théorie des graphes et la régression*", et suppose que le choix du modèle est lié obligatoirement à la représentation et à l'intégration de l'espace dans le modèle. La théorie des

---

[169] Vermot-Desroches (B.), "*Interactions spatiales*", in Encyclopédie d'économie spatiale, concepts,comportements, organisations., sous la direction de Auray (J.P.), Bailly (A.), Derycke (P.H.), Huriot (J.M.), Economica, 1994. p. 61
[170] Camagni (R.), "*Principes et* ... op. cit. p. 271.
[171] Ph. Mathis, A. L'Hostis (1997), L. Chapelon (1997), H. Baptiste (1998), ont développé, en utilisant la théorie des graphes, plusieurs programmes de simulations d'interactions spatiales mettant en jeu les relations entre les réseaux et l'espace.
[172] Hagett (P.), "*L'analyse spatiale en géographie humaine*", Armand Colin, coll. U. p. 45.

graphes définit l'espace réseau, comme une véritable fonction d'état, intégrant la distance réseau sous la forme d'arcs et les masses associées à ces distances (les nœuds ou sommets du graphe) et cherche généralement à décrire des phénomènes d'interactions spatiales. La méthode régressive tente d'expliquer les phénomènes en se servant des mêmes variables comme paramètres d'ajustement.

Le second niveau des processus de déplacements qui gère la visite (cf. paragraphe : Deux "boites noires", page 100) suppose que des variables de distributions d'objets peuvent définir des formes de répartitions de visiteurs sur l'espace réseau. Ceci induit l'hypothèse générale que l'espace influe sur les formes de répartition et sur les comportements de diffusion et de visite (hors processus de perception - comportement par rapport à une image que se font les visiteurs de l'espace "nature").

Possédant une base de données importante[174], s'offre alors à nous la possibilité d'utiliser un modèle inductif d'ajustement, mais le caractère singulier de cette méthode ne peut donner des résultats concluants dans la mesure où ils ne sont valables que pour un espace testé. La loi rang taille de Pareto[175] illustre bien ce fait. Relevant une anomalie sur la capitale, il montre que le modèle ne serait pas valable pour l'ensemble du système urbain, et s'avère plus efficace selon l'échelle que l'on a sélectionnée, la loi se vérifiant mieux sur les grands ensembles nationaux et internationaux[176]. Si le modèle est efficace car il étudie un objet sur lequel on possède une quantité de données, l'ajustement peut alors être significatif, mais il n'offre pas pour autant un caractère général. C'est la multiplication des expérimentations qui donne le caractère général du modèle.

D. Pumain et T. Saint Julien[177] montrent l'efficacité de ces outils statistiques d'analyse spatiale des distributions géographiques. Les développements de tels outils sont utilisés à des fins empiriques dont l'objectif est d'expliquer des phénomènes spatiaux par ajustement de variables. Le principe consiste à partir d'une base de données observées de la comparer avec des formes de distribution mathématiques (loi binomiale négative et la Loi de Poisson), qui permettent de rendre compte des distributions spatiales partiellement aléatoires et strictement

---

173 Dauphiné (A.),"*Espace, Région et système*", Economica, Géographia-1, 1979. p. 103.
174 Comptages sentiers et parkings de la base de données issue de l'étude de fréquentation sur les Hautes Vosges.
175 Modèle de régression d'ajustement de courbe de type $Y = aX^{-b}$, où Y est la taille de la ville, X le nombre de centres urbains de taille égale ou supérieure, a et b deux constantes.
176 Dauphiné (A.),"*Espace*... op cit. p. 103.
177 Pumain (D.), Saint Julien (T.), "*L'analyse spatiale, localisations spatiales*", Armand Colin, coll. Géographie, Paris, 1997. 161 p.

aléatoires dans le second cas. Citons aussi des méthodes d'analyse spatiale d'homogénéité basées sur des calculs de variance et de covariance (coefficient d'autocorrélations spatiales) relativement puissantes dont les objectifs sont d'analyser les formes d'organisation territoriale plus ou moins homogènes.

Pour tous ces types de développements, ces différents outils présupposent que l'on connaisse les caractéristiques spatiales et quantitatives des objets étudiés, la hiérarchie et le poids (par exemple la population générale ou active), or ce n'est pas du tout le cas pour les sites naturels[178] et les flux de visiteurs. Nous avons certaines difficultés à évaluer la masse d'un site et les formes de comportements des individus, ce qui suppose que si l'on veut utiliser un tel modèle, il faille pouvoir dénombrer les quantités associées à des indicateurs spatiaux. Et c'est justement l'objet de notre travail.

Nous ne rejetons pas les modèles d'ajustement, ils seront utilisés ultérieurement dans des calculs statistiques des résultats du modèle gravitaire FRED afin d'analyser des formes de répartitions induites par des facteurs spatiaux.

Le choix du modèle général, si l'on choisit un modèle d'interactions spatiales, peut se résumer entre un modèle de localisation ou un modèle de distribution et de diffusion, le choix dépend alors de l'objet que l'on veut étudier. Un modèle de localisation serait alors plus adapté si l'opérateur décide d'étudier la demande de la clientèle afin de localiser une activité récréative, quant à un modèle de distribution, il est généralement utilisé pour modéliser une diffusion d'un objet ou d'une information sur un espace en fonction de facteurs spatiaux prédéterminés.

2). Le modèle gravitationnel

Les modèles gravitationnels sont issus d'une analogie avec la loi de la gravitation universelle de Newton où deux corps vont s'attirer en fonction de leur masse, et inversement au carré de leur éloignement. L'équation est de la forme :

$$F = \frac{Km_1m_2}{r^2}$$

où les deux corps 1 et 2, de masses m_1 et m_2 s'attirent avec une force F proportionnelle au produit m_1m_2 et inversement proportionnelle au carré de leur distance r. K est une constante

[178] On connaît les sites les plus attractifs car ils sont les plus fréquentés, mais on est incapable de définir une

que Newton avait estimée à $6{,}66.10^{-11}$.

Généralement les objectifs de ces modèles sont de déterminer les limites d'influence entre deux points, de décrire et prédire l'importance des flux entre des localités. Les applications ont été nombreuses en analyse urbaine afin de modéliser les interactions qui pouvaient exister entre plusieurs villes d'un système urbain, des phénomènes de déplacements (Zipf), d'échanges d'informations, de marchandises, la localisation des commerces de détail (Reilly), la hiérarchisation urbaine, la croissance urbaine, l'effet du réseau de transport sur le réseau de ville. D'une manière générale le modèle gravitationnel s'écrit :

$$I_{ij} = k.\frac{M_i.M_j}{d_{ij}^a}$$

I_{ij} est l'interaction entre le corps *i* et *j*, M_i et M_j sont les masses des deux corps, d_{ij} la distance entre *i* et *j* et k une constante.

Ces modèles se sont développés et ont abouti aux modèles gravitaires qui ont permis de s'intéresser aux interactions d'une région précise avec toutes les autres. Ph. Mathis[179] insiste sur la différence entre les modèles gravitationnels symétriques de type "Newton" pour lesquels l'interversion de i et j ne change rien et se limitent à des structures dont les masses sont comparables et entre les modèles gravitaires de type Reilly non symétriques plus généraux dont les masses peuvent être inégalitaires.

Si le modèle gravitaire (dit modèle "potentiel que nous verrons ultérieurement) apparaît intuitivement plaisant et facile d'utilisation, il n'en reste pas moins qu'il pose des difficultés. Pour P.Hagett[180], le principal problème de l'utilisation de ce type de modèle repose sur la massification des objets, la mesure et l'unité de la distance (coûts, temps, distances euclidiennes ou pas) et de la mise en relation de la masse et de la distance. En fonction du choix des hypothèses, les résultats pourront avoir des interprétations différentes.

Toute la difficulté sera de déterminer le poids relatif de ces variables au sein de la formule gravitaire, ce modèle étant déductif, cela suppose que la formulation soit au départ bien posée, les ajustements du modèle ne portant alors que sur les élasticités des termes de la formule.

hiérarchie quantitative, si elle existe, elle prend souvent la forme d'une variable ordinale basée sur la notoriété.

[179] Mathis (Ph.). "*Economie urbaine et théorie des systèmes*", Université François Rabelais, Faculté de Droit et de Sciences Economiques, Tours, 1978.

[180] Hagett (P.), "*L'analyse spatiale*... op cit. p. 47.

Si pour une ville, cette massification s'impose d'elle-même (population, commerces...), pour le problème qui nous concerne, évaluer les interactions spatiales entre des sites touristiques suppose au préalable d'avoir défini ce qu'était la masse d'un site et la distance. H. Batiste[181] fait remarquer que pour les migrations alternantes, la distance euclidienne n'est pas suffisante et qu'il est nécessaire de prendre des temps de parcours plus significatifs car les différents modes de transports rendent les réseaux hétérogènes.

Une autre difficulté inhérente est la symétrie des flux. La formulation du modèle suppose que les flux allant dans les deux sens sont les mêmes. Cette configuration semble peu probable pour des déplacements récréatifs qui sont dissymétriques. Les sites ne s'échangent pas mutuellement les visiteurs. Cette constatation introduit un autre concept de l'interaction spatiale qui peut exister entre plusieurs points. Les flux dissymétriques que s'échangent les sites sont régis par des attractions qui ne sont pas, elles non plus, symétriques[182].

L'attraction produite par le Cirque de Gavarnie sur les sites voisins ne relève pas d'une interaction symétrique entre deux sites. Cette observation est d'autant plus vraie que les études de fréquentations ont montré des pressions anthropiques très fortes sur des secteurs particuliers des espaces naturels laissant apparaître des pôles de concentrations sur le réseau d'accueil.

Section 2. Modèles de déplacements récréatifs

A. Modèles de déplacements à petites échelles

Deux modèles développés viennent étayer nos hypothèses émises lors de nos observations. Les modèles qui vont être analysés viennent tous corroborer des observations faites sur nos espaces d'observation de la première partie. Ces modèles font suite à des études qui ont été réalisées en périphérie de grandes agglomérations européennes, Edimbourg et Madrid.

Le premier modèle testé sur une région de l'Ecosse met en évidence l'utilisation d'une représentation désagrégée de l'espace qui peut être un graphe, et le second, sur l'Espagne, montre bien que les deux déplacements distincts (le déplacement voiture et le déplacement pédestre) structurent les déplacements et les répartitions sur l'espace récréatif.

---

[181] Baptiste (H.), "*Interactions entre le système de ville*... op. cit.
[182] C'est pourquoi le modèle de Reilly généralisé développé par Ph. Mathis (1973 et 1978) n'est pas symétrique.

1). Le modèle de déplacement de Baxter et Ewing[183]

A partir d'une étude effectuée, en 1976, 2435 trajets (day trip) voiture sur 1200 points d'arrêts, au départ de 11 villes écossaises dans la région d'Edinburgh ont été analysés. Les conditions retenues pour un trajet devaient répondre à un déplacement de loisirs de plus de deux heures excluant les visites aux amis et les activités sportives.

Les enquêtes ont montré que deux tiers des déplacements avaient plus d'un arrêt d'au moins 15 minutes, plus d'un tiers au moins trois arrêts, et plus de la moitié n'utilisaient pas la même route de retour. 39 % des visiteurs avouaient que leur principal objectif du déplacement était la visite d'une destination particulière par la route la plus directe.

a). Un modèle gravitaire d'ajustement

M. Baxter et G. Ewing vont développer un modèle de déplacement en posant l'hypothèse que l'attractivité d'un site est dépendante d'une distance en fonction d'un espace récréatif formé de zones contenant un certain nombre de sites. L'espace agrégé est composé de 30, 20 et 10 zones selon l'expérimentation.

M. Baxter et G. Ewing développent un modèle de gravité à contrainte unique afin d'étudier les distributions des déplacements de loisirs et utilisent une fonction classique de distribution qui calcule la probabilité qu'un déplacement d'origine *i* ait une destination *j*.

$$P_{ij} = O_i A_i f(D_{ij}) \qquad \text{Relation (1)}$$

$$O_i = \sum_k A_k f(D_{ik}) \qquad \text{Relation (2)}$$

P_{ij} est la probabilité observée qu'un déplacement d'origine *i* ait pour destination *j*, où Aj est l'attractivité des zones de destination S $(j= 1,2,3,...S)$ et $f(D_{ij})$ est une fonction de la distance.

Mais les déplacements de loisirs diffèrent des autres types de déplacements. Ils impliquent plusieurs arrêts et la distance ou le temps ne possède pas les mêmes effets dissuasifs qu'un déplacement de type domicile-travail ou domicile-commerce dont la finalité est de se rendre le plus rapidement à un point.

Partant du constat que de tels modèles construits sur ces bases ne sont pas appropriés aux déplacements liés aux loisirs, les auteurs vont adapter le modèle en testant plusieurs variantes

[183] Baxter (M.), Ewing (G.), " *Models of recrational trip distribution*", Regional studies, vol 15, n°5, 1981. p. 327-344.

$f(D_{ij})$ en supposant que les fonctions de dissuasion dépendante de la distance ("*distance deterrence fonction*") sont des cas particuliers de la relation (3).

$$f(D_{ij}) = D_{ij}^{-\gamma} \exp(-\alpha D_{ij}^{\beta})$$

Le principe du modèle consiste à ajuster les paramètres pour que les probabilités simulées correspondent aux probabilités observées P_{ij}. L'ajustement du modèle va porter en testant quatre séries de valeurs sur les élaticités de la fonction (3) : premier cas toutes les élasticités ; deuxième cas, la fonction de Tanner (β=1) ; troisième cas, une fonction puissance (α=0) et quatrième cas, une fonction exponentielle (γ=0 ; β=1).

b). Ajustement

La calibration se fait par un développement d'un modèle logistique, les relations (1), (2) et (3) sont transformées et donnent la relation (4) :

$$\log\left(\frac{P_{ij}}{P_{ik}}\right) = \log A_j - \log A_k - \gamma \log\left(\frac{D_{ij}}{D_{ik}}\right) - \alpha(D_{ij}^{\beta} - D_{ik}^{\beta})$$

Le calibrage du modèle se fait ensuite en calculant pour chacun des cas (les différentes élasticités sur la fonction de la distance de dissuasion), afin que les termes X^2 se distribuent approximativement comme un "*chi 2*" d'une variable aléatoire , relation (5) :

$$X^2 = \sum_{ij} (T_{ij} - T_{ij}^{s})^2 / T_{ij}^{s\,2}$$

Ce X^2 est défini comme le "*goodness of fit*", c'est-à-dire le paramètre d'ajustement à minimiser. Où T_{ij} sont les flux observés entre i et j et T^s_{ij} les flux simulés; ces flux sont calculés par le produit du nombre véhicules N_i partant d'un point i et par la probabilité simulée P_{ij}. (T^s_{ij}= $N_i P_{ij}$).

Le modèle est testé sur les trois espaces différents[184] (30,20 et 10 zones) en testant deux hypothèses d'attractivité des zones en fonction d'une destination principale.

[184] Les découpages se sont faits en fonction de critères géographiques et de typologie des sites (plages, patrimoine historique).

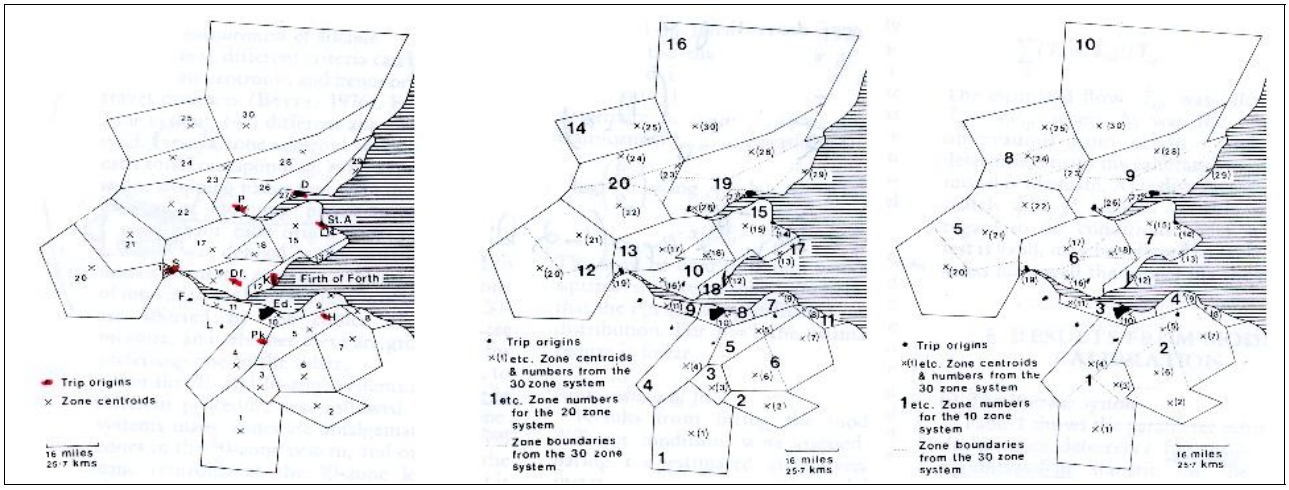


Figure 28 : Les découpages des zones

Pour chaque zone, soit j est un centroïde qui correspond au centre de gravité d'une zone, soit j est défini par le point le plus proche d'une zone accessible par la route.

Ces calculs sont ensuite comparés à deux types de séries de données issues des enquêtes, les visiteurs qui disent posséder une destination principale appelée "*main destination*", et ceux qui n'ont pas déclaré en avoir une, mais sur qui on suppose qu'ils en aient une, "*pseudo main destination*".

Après calibration, les meilleurs résultats sont donnés pour : la fonction de Taner (β=1), un déplacement qui prend en compte la destination principale dans un secteur donné et la distance à un centre de gravité, le centroïde.

Parameter estimates and goodness-of_fit statistics for the 30-zone system																
	"Main destination"								*"Pseudo Main destination"*							
	Distance to zone centroïde				*Distance to nearest point in zone*				*Distance to zone centroïde*				*Distance to nearest point in zone*			
Model	α	β	γ	X^2	α	β	γ	X^2	α	β	γ	X^2	α	β	γ	X^2
Full Model	*1,36*	*0,51*	*-2,54*	*754*	*5,82*	*0,28*	*-2,76*	*787*	*1,45*	*0,51*	*-2,77*	*804*	*1,07*	*0,49*	*-1,32*	*893*
Tanner	*0,07*	*	*-0,74*	*728*	*0,05*	*	*-0,13*	*771*	*0,07*	*	*-0,83*	*806*	*0,05*	*	*-0,19*	*878*
Exponential		*	*	*764*	*0,04*	*	*	*786*		*	*	*881*	*0.04*	*	*	*897*
Power	*	*	*1,12*	*1040*	*	*	*0,9*	*1008*	*	*	*1,13*	*1223*	*	*	*0,92*	*1193*

Tableau 19 : Résultats de la calibration du modèle

c). Le poids de l'espace dans les attractivités

Les auteurs font remarquer qu'en fonction du découpage, on obtient de grosses variations sur l'attractivité des différentes zones. Ce qui est tout à fait normal car l'attractivité est dépendante d'une distance qui dépend elle-même des niveaux d'agrégation (les distances étant déduites des points de départ i aux centroïdes), de plus le modèle n'étant pas additif, les valeurs changent

avec le nombre de zones.

Il semble alors que le poids de la distance soit trop dépendante du découpage et l'on retrouve ici toute la problématique de l'effet de frontière sur un espace, rendu encore plus sensible car le modèle montre des phénomènes de seuils sur les distances.

*Estimates of attractiveness parameters using Taner's distance deterrence fonction**																
		Zone (1-15)														
Data	*Distance*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*
Main destination	*To centroide*	*53*	*41*	*35*	*17*	*14*	*8*	*32*	*22*	*91*	*21*	*20*	*28*	*23*	*67*	*11*
	To nearest point	*51*	*43*	*43*	*11*	*13*	*8*	*32*	*31*	*90*	*29*	*11*	*32*	*26*	*90*	*11*
Pseudo main destination	*To centroide*	*60*	*43*	*35*	*17*	*13*	*6*	*30*	*20*	*83*	*21*	*9*	*27*	*25*	*62*	*11*
	To nearest point	*58*	*46*	*43*	*14*	*13*	*7*	*32*	*28*	*83*	*28*	*10*	*30*	*29*	*83*	*11*

*Les attractivités ont été relativisées pour que leurs sommes soient égales à 1000.

*Estimates of attractiveness parameters using Taner's distance deterrence fonction**																
		Zone (16-30)														
Data	*Distance*	*16*	*17*	*18*	*19*	*20*	*21*	*22*	*23*	*24*	*25*	*26*	*27*	*28*	*29*	*30*
Main destination	*To centroide*	*8*	*16*	*18*	*9*	*31*	*59*	*50*	*23*	*58*	*76*	*15*	*14*	*23*	*29*	*97*
	To nearest point	*9*	*17*	*20*	*12*	*28*	*54*	*42*	*28*	*35*	*80*	*21*	*15*	*23*	*25*	*69*
Pseudo main destination	*To centroide*	*8*	*17*	*16*	*8*	*35*	*63*	*57*	*23*	*69*	*83*	*13*	*11*	*20*	*24*	*90*
	To nearest point	*8*	*17*	*18*	*10*	*32*	*58*	*49*	*28*	*43*	*88*	*18*	*13*	*20*	*21*	*63*

Tableau 20 : Attractivités calculées après le calibrage des paramètres

Donc en changeant de découpage, on joue sur les seuils qui peuvent avoir des incidences importantes sur la valeur des attractivités. Le tableau ci-dessous montre que lorsque l'on agrège l'espace de 30 à 20 ou 10 zones, le choix du centroïde, se révélera fondamental. Si une zone, dans la nouvelle agrégation spatiale, contient plusieurs zones du niveau inférieur, la distance au centroïde sera choisie non pas en fonction du barycentre de la nouvelle zone agrégée, mais sera celle d'un centroïde d'une des zones formant la nouvelle zone agrégée. Le modèle 4 utilise le centroïde le plus proche du point origine. Les modèles 1, 2 et 3, pour un même découpage, possèdent des centroïdes différents.

Attractiveness parameter estimates for the 20-zone system, using Tanner's distance deterrence function and main-destination data																				
	Zone																			
Modèl	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	*16*	*17*	*18*	*19*	*20*
1	*47*	*36*	*33*	*18*	*14*	*36*	*85*	*20*	*11*	*44*	*20*	*102*	*15*	*66*	*66*	*84*	*21*	*27*	*67*	*185*
2	*63*	*42*	*42*	*23*	*18*	*40*	*107*	*24*	*13*	*31*	*26*	*88*	*18*	*85*	*55*	*104*	*26*	*33*	*56*	*100*
3	*61*	*39*	*39*	*20*	*16*	*38*	*102*	*24*	*11*	*30*	*25*	*82*	*18*	*89*	*83*	*114*	*26*	*31*	*54*	*91*
4	*62*	*52*	*52*	*14*	*17*	*40*	*111*	*33*	*14*	*30*	*39*	*83*	*18*	*104*	*64*	*73*	*29*	*36*	*44*	*84*

Attractiveness parameter estimates for the 10-zone system, using Tanner's distance deterrence function and main-destination data										
	Zone									
Modèl	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*
1	*93*	*69*	*35*	*109*	*148*	*53*	*109*	*224*	*59*	*100*
2	*151*	*105*	*29*	*147*	*167*	*62*	*70*	*118*	*77*	*72*
3	*70*	*100*	*25*	*119*	*146*	*46*	*202*	*97*	*54*	*141*
4	*78*	*91*	*43*	*168*	*133*	*49*	*129*	*152*	*55*	*101*

Tableau 21 : Attractivités calculées sur divers niveaux d'agrégation de l'espace

Les auteurs font remarquer que les meilleures calibrations se font avec le système le plus désagrégé (espace divisé en 30 zones).

Le modèle met en évidence le rôle de l'espace dans la répartition des flux de visiteurs sur un territoire. Les différences de résultats, entre les niveaux d'agrégations montrent que le voisinage possède une importance dans l'attractivité des centroïdes. Les attractivités déduites peuvent osciller du simple au double voire plus. Et plus on agrège l'espace, plus le choix du centroïde dans le choix de la distance sera vecteur de fluctuations de l'attractivité. Mais on observe aussi une perte d'information, puisque les différences entre les attractivités des centroïdes se tassent avec la croissance du niveau d'agrégation spatiale.

	Nombre de zones de l'agrégation spatiale		
	30	*20*	*10*
Attractivité des centroïdes Minimum et maximum	*8 - 91*	*14 - 111*	*43 - 168*

Tableau 22 : Valeurs extrêmes des attractivités des centroïdes pour chaque niveau d'agrégation

Ces résultats montrent que la distance n'est pas la seule variable explicative. Les différences entre valeurs observées et simulées, exprimées par le X^2, indiquent que la distance n'est pas la seule variable qui entre en jeu dans l'attractivité.

d). Une dépendance au "voisinage"

L'approche par centroïde est très intéressante car elle montre que l'espace environnant un site peut avoir un poids dans l'attractivité. Les phénomènes de seuils sur la distance témoignent alors d'un espace plus complexe soumis à des effets de frontières.

En utilisant la relation (4) (fonction exponentielle (γ=0 ; β=1)) , les auteurs tentent de mesurer le poids de l'effet de barrière, qu'ils expliquent par la présence de la Baie de Forth d'Edinburgh qui sépare l'espace en deux. Ils définissent un paramètre qui suppose que le franchissement peut être modélisé par un multiplicateur (un frottement) des distances (δ) se trouvant sur la côte opposée du point de départ.

$$D_{ij} = D_{if} + \delta^{ij} D_{fj} \qquad f(D_{ij}) = \exp(-\alpha(D_{if} + \delta^{ij} D_{fj}))$$

D_{if} et D_{fj} sont respectivement les distances parcourues sur chacun des deux cotés. Les auteurs procèdent à la calibration en distinguant deux types de déplacements, de la zone Sud vers 16 zones de destination au nord et de la zone nord à 8 zones de destination au sud de la baie. Après calibration, on obtient des meilleurs résultats. Les valeurs des paramètres sont

respectivement pour α et δ, de 0.44 et 1.46, pour un X^2 qui décroît à 661.

Mais la conclusion qui suppose que ces effets de seuils sont causés par des barrières physiques nous apparaît incomplète. Nous sommes tout à fait en accord avec les auteurs lorsqu'ils affirment que les effets de barrières ne peuvent pas être seulement modélisés par une fonction de la distance. Mais nous soutenons que les différences des X^2 mettent en exergue le fait qu'il manque une variable importante dans le modèle et que les effets de barrières ne sont pas uniquement le fait d'un élément physique de l'espace.

L'ajustement se fait sur des conditions initiales qui ne prennent en compte que les déplacements récréatifs de plus de deux heures ce qui suppose a priori, dès le départ, des distances minimales de déplacements et ces distances sont des distances à des centroïdes, donc des distances moyennes. Il est donc plausible que l'effet de frottement δ montre plutôt qu'il existe une dépendance de cette variable inconnue à la distance, δ étant le résultat d'une méthode d'ajustement, on n'est pas sûr que ce paramètre ne puisse être issu d'une fonction non linéaire de la distance. Dès lors on est en droit de penser qu'il existe un autre processus qui induit des facteurs limitant par défaut l'accessibilité des zones.

On ne peut conclure à des hypothèses sur la corrélation entre accessibilité et attractivité. Or tout ce que montre le modèle est que l'attractivité d'un déplacement n'est pas seulement une fonction de l'accessibilité. En utilisant les résultats obtenus sur d'autres espaces récréatifs, ces conclusions nous incitent à penser que l'attractivité d'un site est susceptible d'être aussi dépendante du voisinage, c'est-à-dire des influences que peuvent avoir des sites sur les formes de répartitions des visiteurs sur un espace, ce que l'on appellera ultérieurement les "*Attractions Absolues*" des sites voisins.

e). Le graphe pour représenter l'espace d'accueil

En dernier lieu, les auteurs tentent de mettre au point un modèle à plusieurs arrêts ("*multi-stop trips*"), qui consiste à modéliser l'attractivité des zones en fonction du nombre d'arrêts non pas sur un des 1200 sites référencés mais sur un centroïde. Les attractivités calculées varient peu par rapport à celles calculées pour une unique destination. Ces résultats montrent que le choix d'un centroïde ne semble pas adéquat pour ce type de modélisation si un visiteur fait plusieurs arrêts dans une même zone, le modèle ne peut en modéliser qu'un seul. Pour les représentations d'espaces discrets, un graphe permet d'appréhender l'espace comme un réseau désagrégé de sites et liaisons.

Il est alors important de se poser des questions sur les formes de représentations de l'espace. Une représentation spatiale désagrégée serait plus judicieuse que des centroïdes dépendants de critères de classification trop réducteurs et trop dépendants des caractéristiques locales. Dans le cas d'une modélisation d'un déplacement, un graphe prenant en compte comme sommets, l'ensemble des points qui structure le graphe (points d'arrêt, de départ, d'intersection...) et les arcs comme les liaisons routières entre les sommets du réseau routier, semble alors une solution plus adaptée à ce type de modèle.

2). Modèle de pratiques récréatives dans une région naturelle

Le modèle élaboré a pour objectif d'expliquer, à partir d'impacts observés sur les milieux naturels, les pressions anthropiques et les formes de répartition sur l'espace d'accueil.

Une étude, effectuée dans le parc régional de Manzanares en périphérie de Madrid (entre 25 et 60 kilomètres), par F.J.Gomez-Limon Garcia et J.V. Lucio Fernandez (de)[185], montre qu'au moins 75 % des concentrations de visiteurs s'expliquent selon des indicateurs environnementaux et d'accessibilité.

Le principe est de modéliser, en utilisant des paramètres d'ajustement écologiques (impacts sur les milieux naturels), la distribution des visiteurs sur le parc en fonction de deux variables, le nombre d'individus sur les segments de sentiers (NP, "*Number of people*") et le nombre de véhicules sur les points d'accès (NVE, "*Number of vehiculs at the access point*") que sont les parkings. Les données sur les sentiers et les parkings sont celles qui sont relevées à 12 h 30.

Le modèle est basé sur une analyse régressive d'une fonction polynomiale qui donne l'afflux des visiteurs sur les 19 points choisis sur l'espace :

$$Y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + ... + b_n x_n$$

Cette approche qui sépare véhicules stationnés et visiteurs sur sentiers permet la prise en considération d'une fréquentation sur deux niveaux d'organisation géographique et présuppose ainsi une double échelle des déplacements : le trajet voiture et la promenade pédestre.

Les tests sur les corrélations montrent que les coefficients les plus forts se révèlent être ceux qui ont trait à des indicateurs de distance : "distance aux véhicules" et "distance à un point de

[185] Gomez-Limon Garcia(F.J.), Lucio Fernandez (J.V. de), "*Recrational use model in a wilderness area*", Journal of Environmental management, n°40, 1994. p. 161-171.

baignade". La valeur négative des coefficients obtenus montre une fréquentation inversement proportionnelle à la distance. Ces résultats nous sont utiles, car ils montrent que l'accessibilité des sites naturels au point d'accès (parking) semble être l'indicateur le plus fiable qui a été calculé par le modèle et nous conforte de plus en plus dans l'idée que les flux pédestres peuvent être appréhendés à partir d'indicateurs spatiaux sur l'espace que sont les aires de diffusion pédestre.

La principale objection que l'on peut faire réside dans le choix des impacts comme méthode d'ajustement. Satchell[186] et les études britanniques des années 70, ont bien montré que les impacts étaient trop spécifiques à un milieu pour être utilisés car ils sont dépendants d'interactions hautement complexes.

P. Point[187] fait remarquer que des formes d'impacts ne peuvent servir d'invariants rigoureux de l'état de fréquentation d'un espace, ils peuvent être seulement les stigmates d'une sur-fréquentation passée : des "impacts fossiles"[188], et il devient alors difficile de s'en servir comme données d'ajustement.

De plus, rien ne présuppose que la même quantité de visiteurs induisent quantitativement les mêmes quantités d'impacts, les variations de géomorpho-écologie peuvent s'étendre sur des échelles allant du mètre (cas d'interface entre milieux différents) au kilomètre (variations de paysages).

Il est fort probable que les impacts diffèrent dans des proportions non négligeables entre une vallée, un plateau, une pente. Même si l'on a, a priori, le même type de milieu, les conditions d'exposition aux intempéries sont susceptibles d'augmenter ou de réduire des phénomènes d'érosion et de revégétalisation.

B. Modèle de déplacements à grandes échelles

Nous avons à notre disposition plusieurs types de modélisations susceptibles d'être développés pour modéliser la répartition des déplacements pédestres des visiteurs sur un espace naturel (échelles hectométriques). Mais le manque de modèles développés dans notre

---

186 Satchell, "*Les effets de la récréation sur l'écologie des paysages naturels*", coll. Sauvegarde de la Nature, Conseil de l'Europe, n°11, 1976.

187 Point (P.), "*Eléments économiques pour la protection des actifs naturels uniques*", Thèse de Doctorat *ès* Sciences Economiques, Université Bordeaux I, 1980.

188 Si des seuils d'irréversibilité ont été dépassés, les impacts restent et ne sont pas absorbés par une régénération du milieu naturel. Les exemples les plus cités portent sur l'érosion des sols.

champ de recherche, nous impose d'aller rechercher dans les modèles de choix spatiaux existants ceux qui sont susceptibles d'être utilisés pour notre modélisation.

Ces types de modèles ont la particularité de bien mettre en évidence l'effet des comportements de groupes sur des stratégies d'occupation spatiale. Ils permettent d'analyser des mouvements et des colonisations d'espaces en fonction de processus qui mettent en jeu des agents possédant des comportements distincts (actifs, réactifs, passifs).

1). Modélisation multi-agents

Les modèles multi-agents se sont développés ces dernières années en parallèle des progrès apparus en informatique[189]. Ces modélisations ont été mises en place pour simuler des phénomènes complexes de dynamique d'un système. Développés par les biologistes et les écologistes, ces modèles ont pour objectifs de simuler des processus qui avaient été formalisés analytiquement par des systèmes d'équations différentielles. L'utilisation d'un système multi-agents offre la possibilité de modéliser l'action de façon plus souple que les systèmes d'équations différentielles. Au-delà de deux variables, ces sysèmes nécessitent des simplifications pour leur résolution qui enlèvent toute pertinence au système car elles simplifient trop le modèle, les hypothèses deviennent alors non réalistes.

a). Définition et concepts

Un système multi-agents est une simulation qui fait interagir plusieurs agents. *"On appelle agent une entité physique ou informatique qui est capable de percevoir et d'agir sur son environnement, qui ne dispose que d'une représentation partielle de cet environnement (et parfois aucune), qui peut communiquer avec d'autres agents, qui poursuit un but individuel, qui possède des compétences, qui peut éventuellement se reproduire, et dont le comportement est le produit de ses objectifs, de sa perception, de ses représentations, de ses compétences et des communications qu'il peut avoir avec les autres agents."*[190]

Tout élément du modèle est un agent, l'individu ou le groupe, un espace ou un point. Le grand intérêt des systèmes multi-agents est l'étude des phénomènes émergents induits par des

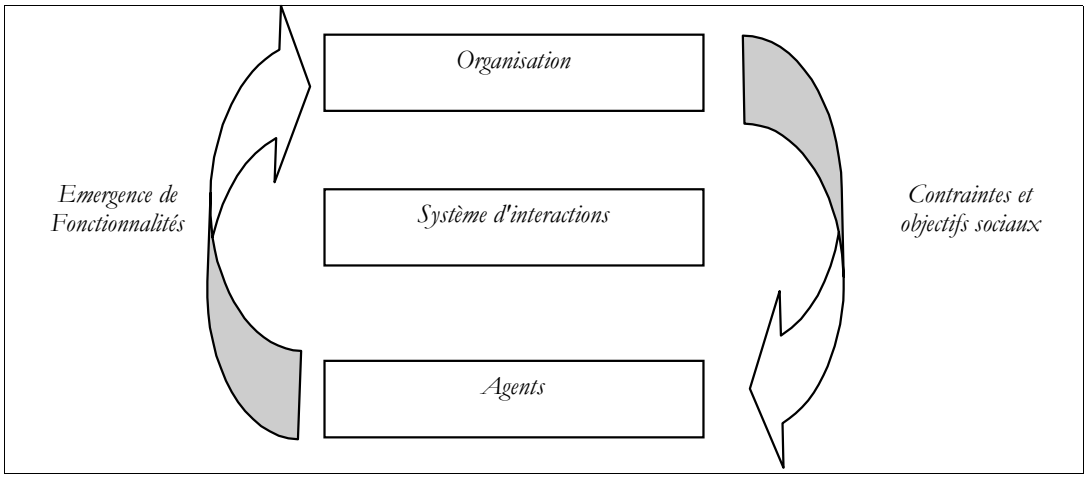
---

189 "Les approches multi-agents constituent un domaine informatique issu, d'une part, de l'intelligence artificielle, et, d'autre part, de travaux en biologie et en physique sur les systèmes complexes", Ferrand (N.), "*Introduction*", *in "Modèles et systèmes multi-agents pour la gestion de l'environnement et des territoires*", Actes de colloque, Clermont Ferrand, 5-8 octobre 1998,p9-14. p.9.

190 Ferber (J.), "*La modélisation multi-agent : un outil d'aide à l'analyse de phénomènes complexes*", *in* Tendances nouvelles en modélisation pour l'environnement, journées du programme Environnement, vie et sociétés du CNRS, ed. Elsevier, Paris, 1997. p. 113-133.

interactions entre divers agents. Ce type de modélisation se prête très bien à l'étude de système complexe dont on veut comprendre et prévoir l'émergence de propriétés globales. Ce sont des modèles déterministes qui mettent en concurrence des taches et postulent une rationalité des agents qui peut être stochastique par l'introduction d'une variable aléatoire.

Le principe de la modélisation est de faire interagir, dans un environnement, des agents cognitifs qui sont capables de prendre des décisions par rapport à une action et des agents réactifs ne disposant pas de mémoire et ne répondant qu'à un processus de stimuli/réponses.



Ces modèles sont en général utilisés pour simuler des processus de déplacements et de colonisation d'un territoire à partir de comportements appelés "taches". Ils représentent actuellement une des bases conceptuelles les plus abouties de l'étude des déplacements sur des espaces continus à grande échelle et laissent augurer des développements très intéressants concernant la simulation de comportement individuel, "*l'intérêt des SMA réside évidemment dans leur capacité à prendre en compte les aspects comportementaux, une caractéristique qui avait longtemps été négligée dans les modèles classiques (en écologie)*"[191].

Il est tentant de mener une comparaison avec les modèles logistiques comme les modèles désagrégés Logit et Probit pour qui le temps et l'espace sont des variables explicatives d'un processus de choix. Si ces modèles donnent une explication sur les formes finales des choix spatiaux, les systèmes multi-agents décrivent des phénomènes en intégrant la dimension spatio-temporelle. Ces modèles intègrent le temps et l'espace sans les hiérarchiser. Citons pour exemple des processus de communication qui peuvent être modélisés par des propagations de signaux, émis par un agent et captés par d'autres individus. Si ces derniers se trouvent en deçà

[191] *Ibid.* - p131.

d'une unité d'espace ou de temps, comme un signal déposé par un agent sur l'espace le long d'un cheminement ou un point (phéromones sur le sol) pour guider un agent vers une direction, les signaux disparaissant au bout d'un certain laps de temps.

Les SMA sont très efficaces pour simuler les interactions complexes d'un petit nombre d'agents, mais peu traitent de population entière. A. Franc et L. Sanders font remarquer qu'il n'existe pas de microsimulations[192] développées avec les SMA au niveau d'une région entière qui prennent en compte toute une population. Les auteurs[193] insistent sur le fait que ce type de modélisation s'avère intéressant en géographie et plus particulièrement en analyse spatiale. Ces méthodes de modélisation offrent des potentialités de développement de modèles plus globaux qui permettent la mise au point de "*modèles de dynamiques spatio-temporelles par auto-organisation*"[194].

Cette méthode de modélisation implique obligatoirement une ouverture sur le concept d'interaction qui existe entre l'unité et l'ensemble et qui induit l'émergence de propriétés globales. Les SMA permettent, dans ce cas, de joindre les différents niveaux d'organisation des systèmes en reliant l'unité élémentaire (l'agent) au niveau global (le système) et d'analyser les propriétés globales émergentes. Les écologues ont bien montré que les éléments pouvaient donner naissance à des systèmes aux propriétés particulières possédant ses propres finalités (écosystème, sols, symbiose, associations d'être vivants...).

b). Les exemples de modèles généraux sur les SMA

Les écologistes ont développé divers outils de simulation dont l'objectif était d'étudier les phénomènes de concurrence et de chaîne trophique sur des habitats naturels ainsi que la gestion de populations animales.

Pour exemple, le projet Manta porte sur la sociogenèse d'une fourmilière, l'objectif est de modéliser la formation d'une fourmilière adulte à partir d'une ou plusieurs reines afin de tester une hypothèse éthologique concernant l'aspect distribué de la prise de décision dans une colonie de fourmis, mais aussi de comprendre la division du travail chez les fourmis[195]

---

192 Les hypothèses relatives au changement sont formulées au niveau individuel.

193 Franc (A.), Sanders (L.), "*Modèles et systèmes multi-agents en écologie et en géographie : état de l'art et comparaison avec les approches classiques*", *in* Modèles et systèmes multi-agents pour la gestion de l'environnement et des territoires, Actes de colloque, Clermont Ferrand, 5-8 octobre 1998. p. 17-35.

194 *Ibid.* - p. 29.

195 Les fourmis sont divisées en trois classes, les assistés (œufs, larves, cocons), les assistants (reine, ouvrières et mâles), les divers qui sont les entités actives avec la nourriture, les cadavres et les sources de luminosité et

concernant les soins aux œufs, l'inactivité, la nourriture, les soins aux larves. Les résultats se lisent aux travers de sorties d'image de synthèses de l'espace produit ou transformé.

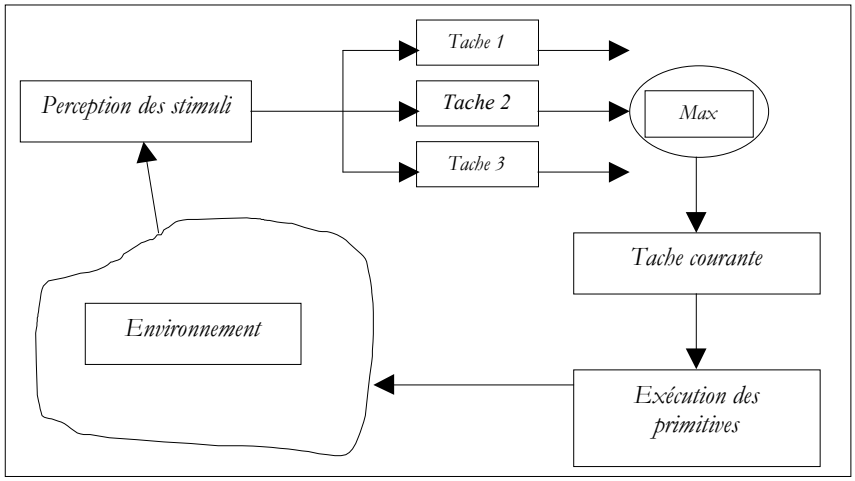


Figure 29 : Architecture générale d'un agent Manta

Des modèles ont été construits pour simuler la constitution de groupes (banc de poissons) par agrégation spatiale, comprendre l'écosystème d'un delta (SimDelta), ou encore étudier l'évolution dynamique d'un système de ville sur 2000 ans où les villes sont les principaux agents qui vont s'échanger des flux de population, monétaires, de biens et services (SimPop)[196].

Des adaptations sont nécessaires si l'on veut utiliser de tels modèles pour les comportements humains, les analogies ne sont pas interdites, mais nécessitent de faire attention aux hypothèses et aux conditions initiales posées. La classification des types de population répond à des contraintes sociales beaucoup plus complexes qu'une société utopique où tout agent est à sa place dans le meilleur des mondes.

Les applications se développent de plus en plus avec l'utilisation de l'ordinateur capable de gérer en simultanée les différentes taches. Les dernières applications de simulation consistent à créer des agents qui coopèrent pour résoudre des problèmes complexes.

c). L'espace comme un agent

L'intérêt de ce type de modélisation est de considérer l'espace comme un agent réactif ou

d'humidité.

[196] Sanders (L.), Pumain (D.), Mathian (H.), Guérin-Pace (F.) et Bura (S.), "*SIMPOP : a multi-agents system for the study of urbanisme*", Environment and planning, 1994 vol. 24. p. 287-305.

passif. F Bousquet et D. Gautier[197] font remarquer que l'espace peut être soit le support des interactions soit un agent. Mais généralement l'espace est réduit à une fonction de support sur lequel on étudie la relation entre les acteurs et l'évolution d'une ressource. A partir d'un modèle de simulation multi-agents, les auteurs comparent deux modèles qui simulent un processus de conquête agricole à partir d'un système d'exploitation d'un espace. L'objectif est de comparer une approche de modélisation en prenant des agents différents. Le premier simule une approche "acteurs". Les agents sont des paysans et des troupeaux, ils se déplacent et colonisent l'espace formé par des unités élémentaires spatiales Village, Forêt, Savane et Champs, dans le second modèle, l'espace est formé par des unités élémentaires appartenant à des agrégats spatiaux qui caractérisent l'espace : les agents Village, Forêt, Savane et Champs. Si, dans le premier modèle, les mécanismes de changement sont désagrégés, ils sont agrégés dans le second.

Pour les auteurs, l'avantage de la deuxième approche consiste à prendre en compte des entités composées de plusieurs cellules et d'y attribuer une entité "groupe" qui possède des propriétés spécifiques par rapport aux agents qui la constitue, selon le principe que le tout est plus que la somme de ses parties. Cette méthode est plus efficace en matière de gestion spatiale, en effet gérer un espace se fait à partir d'entité globale et non en fonction des unités individuelles ou cellules élémentaires, on gère une forêt en entier et non un arbre comme on gère une exploitation et non une parcelle. L'agrégation au niveau supérieur est cependant limité car, sur un territoire communal, les exploitations sont gérées individuellement, des processus ne peuvent être analysés que si l'on tient compte de l'imbrication des niveaux d'organisation.

En matière d'analyse spatiale, ces modèles redonnent une nouvelle jeunesse au déterminisme. Le concept d'espace est alors vu comme un acteur qui a ses propres finalités, ceci n'est pas nouveau, la systémique nous le disait déjà. Comme pour la sociologie qui nous apprend que les groupements humains peuvent faire naître des groupes sociaux possédant des comportements spécifiques, l'espace est constitué d'unités de surface, plus ou moins divisibles qui peuvent être des agents actifs, qui, lorsqu'ils sont agrégés, peuvent posséder des propriétés qui leur sont propres. Dans ces conditions, il est donc possible, comme le disent les auteurs[198], de "*modéliser des règles spatiales au niveau de l'entité "groupe" qui contraignent le comportement de ses composantes, ou bien des interactions entre entités à un niveau qui jouent sur le comportement des entités à un autre niveau, ou encore*

[197] Bousquet (F.), Gautier (D.). - Comparaison de deux approches de modélisation des dynamiques spatiales par simulation multi-agents : les approches "spatiale" et "acteurs". - Revue européenne de géographie, https://www.cybergéo.presse.fr, 1999. 14 p.

des interactions entre entités de niveaux différents".

Citons aussi, les travaux de P. Dumolard et A. Touret[199], concernant la simulation des accessibilités et de la diffusion spatiale modélisées par un SMA où chaque agent représente une portion de l'espace (ou un objet spatial) rastérisé avec une fonction précise (habitat, route, ponts obstacles). L'interaction entre les différents éléments se fait par des relations qui se traduisent par un comportement "démographique" possédant trois états, la naissance, la reproduction et la mort.

Concernant les déplacements de visiteurs sur un réseau d'accueil naturel, la répartition serait aussi dépendante d'agrégats de sites qui se forment sur un espace. L'observation peut être aisément vérifiée sur beaucoup d'espaces dits touristiques quel que soit le produit offert ; le circuit des châteaux de la Loire peut représenter en lui-même une entité spatiale bien déterminée dans l'espace touristique du val de Loire, la route des vins en Alsace, route des crêtes sur les Hautes Vosges, volcans d'Auvergne, bords de Seine et de l'Oise peints par les impressionnistes... Finalement ce n'est pas tant le site qui est important, mais les relations qu'il entretient avec les sites voisins susceptibles de former des entités spatiales. Ces entités sont souvent considérées comme des sites alors qu'elles sont constituées de plusieurs sites (calanques de Marseille, gorges du Verdon, gorges de l'Ardèche...). Dans ces conditions comparer la fréquentation du Cirque de Gavarnie avec celle des gorges du Verdon n'a aucune valeur. On ne compare pas une entité ponctuelle avec un espace.

d). Multi-échelles et contraintes techniques

Si ce type de modélisation nous semble plus pertinent pour formaliser des comportements individuels (ou de groupes), ces modèles demandent une simplification des comportements des agents qu'il est difficile de faire tant les processus de déplacement s'opèrent sur plusieurs échelles et différents niveaux d'organisation décisionnelle. De plus, il ne nous apparaît pas possible techniquement de réaliser ce type de modélisation, car elle nécessiterait des capacités de calculs relativement importantes. Théoriquement l'algorithme peut être construit. Calculer des microsimulations de déplacements sur une matrice carrée de 16 millions de nœuds (espace

---

198 *Ibid.* - p 12.

199 Dumolard (P.), Touret (A.), "Réseau d'accès et accessibilité, modélisation informatique et aide à la décision en aménagement", Besançon; actes du colloque Théo Quant, 1993.
Touret (A.), " Agripa, un modèle de calcul de courbes isochrones fondé sur un système multi-agents", Revue Internationale de géomatique, n°3-4, 1997.
Dumolard (P.), " Accessibilité et diffusion spatiale", L'espace Géographique, n°3, 1999. p. 205-214.

graphe) ou de pixels (espace raster), pour une région de 40 kilomètres de côté, s'avère compromis si l'on ne possède pas une capacité informatique adaptée[200].

De plus, nous ne sommes pas sûrs qu'une modélisation "totale" de ce type soit judicieuse. Une technique de zoom peut être tout aussi efficace. Une première modélisation simule des déplacements régionaux dans leur globalité, puis une seconde simule localement les déplacements pédestres centrés sur un ensemble de sites.

Dans leur comparaison de méthodes, A. Franc et L. Sanders[201] indiquent bien que si les approches holistiques (prééminence du niveau global, modèles d'auto-organisation) et réductionnistes (prééminence du niveau individuel, théories économiques de l'équilibre) apparaissent antagonistes, il y a toujours moyen d'étudier la cohérence des niveaux d'organisation par un jeu d'équations qui modélise un système dynamique. C'est pourquoi les SMA apparaissent être une solution à ce problème : *"En revanche dans les SMA, le modélisateur est amené à raisonner une évolution des liens et des voisinages de chaque agent en fonction de l'état global du système"*[202]. Les auteurs insistent sur le fait que les SMA ne peuvent être assimilés à l'un des deux courants de modélisation holistique et réductionniste.

Le chercheur peut très bien s'adapter à ces contraintes techniques en différenciant les espaces et les modèles associés aux déplacements. C'est donc pour cette raison que nous avons construit deux modèles distincts et complémentaires. Le premier vise à modéliser la répartition des flux de visiteurs sur un réseau de sites par un modèle d'interactions spatiales. Le second évalue les formes de déplacements pédestres sur l'échelle décamétrique des milieux naturels à partir d'un modèle basé sur une modélisation multi-agents qui s'apparente plus, comme nous le verrons à un "*automate cellulaire*".

2). Modèle de diffusion pédestre

La dernière modélisation, que nous allons voir, est intéressante à plusieurs niveaux. Le modèle de P Point s'est construit sur un double objectif, prévoir les répartitions des flux des visiteurs et déterminer des seuils de densité du nombre de visiteurs à accueillir sur l'espace. Pour P. Point, ce qui est important, ce n'est pas de savoir si la fréquentation peut entraîner une

---

[200] Le calcul, pour des chemins minimaux d'une matrice de 800 nœuds (taille du fichier environ 120 Ko), prend déjà une vingtaine de secondes, et le temps de calcul croît au cube dès que l'on double le nombre de nœuds. Un fichier de 16 millions de nœuds aurait une taille de l'ordre de 2.4 giga (la taille d'un petit disque dur).
[201] Franc (A.), Sanders (L.), "*Modèles et systèmes multi-agents...,* op.cit.
[202] *Ibib.*- p.29.

dégradation irréversible mais à quel niveau et seuil de fréquentation cette dégradation se produira.

P. Point va modéliser les déplacements pédestres en se servant d'une chaîne de markov. Le modèle de type markovien met l'accent sur la répartition des flux en simulant les quantités probables de touristes sur des zones naturelles à partir de points d'accès du réseau. L'espace de déplacement est partagé en trois types de zones de transition : zones d'entrées, zones intérieures et zones de sorties.

	Entrées	*Zones intérieures*	*Sorties*
Entrées	*0*	*E*	*0*
Zones intérieures	*0*	*Z*	*S*
Sorties	*0*	*0*	*I*

Tableau 23 : Matrice du système de déplacement

(E) : sous matrice des flux entre les zones entrées et les zones intérieures ; *(Z)* : sous matrice des flux entre les différentes zones intérieures ; *(S)* : sous matrice des flux entre les zones sorties et les zones intérieures ; *(I)* : sous matrice de transition entre les sorties elles-mêmes.

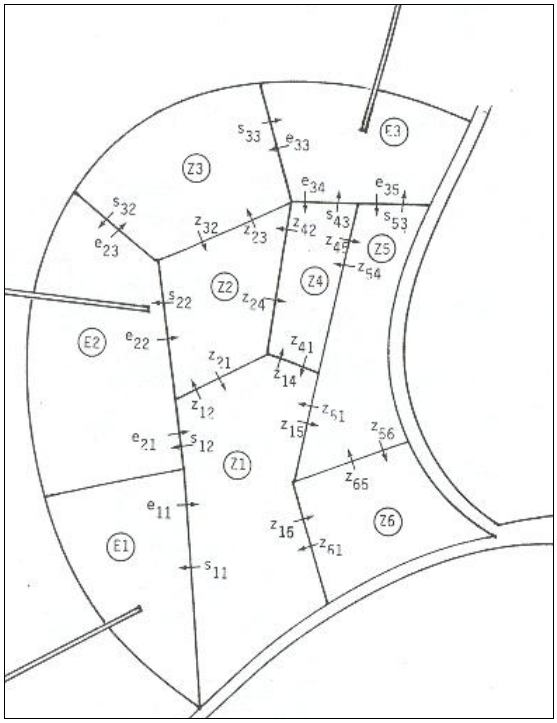


Figure 30 : Espace théorique de la fréquentation

Pour l'application, P. Point simule le processus de diffusion de la charge globale journalière pas à pas, jusqu'à absorption quasi totale de la chaîne.

Le modèle a été testé sur un secteur du parc national des Pyrénées Occidentales en période estivale. A l'aide d'une campagne de comptages, il évalue les flux de visiteurs sur les sentiers, à partir de données recueillies sur la base de comptages routiers, parkings, et d'enquêtes de visiteurs en leur demandant de décrire sur une carte IGN leur cheminement pédestre[203].

A partir des résultats obtenus, on reconstitue les valeurs absolues des flux sur l'ensemble du réseau de sentiers. Puis les flux sont traités de telle manière à donner une segmentation de réseau de cheminement en section de sentier. Une section de sentier est donnée soit par une rupture de débit du trafic pédestre qui pouvait intervenir sur un cheminement, soit par l'existence d'une intersection (croisée de chemins).

Cette opération de détermination de section de sentier permet à P. Point d'adapter l'espace théorique de zones par un graphe ou chaque arc est alors assimilé par analogie à une zone. Ensuite, en se servant des flux absolus sur le graphe sentier, il détermine des probabilités moyennes de transition calculées en fonction des trafics cumulés.

La probabilité de transition représente la probabilité qu'un marcheur sur un arc s'oriente vers un arc connexe lorsqu'il arrive à une intersection. Donc, si on prend l'exemple de la section S4 (*Figure 31*), il existe une probabilité de transition de S3 à S4, de S5 à S4, et de S6 à S4. On obtient alors une matrice des probabilités de transition qui intègre toutes les possibilités de transition d'un arc à un autre arc connexe et ainsi l'ensemble des probabilités de fréquentation sur l'ensemble des arcs du graphe.

Section	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*		*33*	*34*	*35*
1	*0*	*0.397*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*		*0*	*0*	*0*
2	*0.499*	*0*	*0.501*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*		*0*	*0*	*0*
3	*0*	*0.590*	*0*	*0.410*		*0*	*0*	*0*		*0*	*0*	*0*
4	*0*	*0*	*0.489*	*0*	*0.381*	*0.480*	*0*	*0*		*0*	*0*	*0*
5	*0*	*0*	*0*	*1*	*0*	*0*	*0*	*0*		*0*	*0*	*0*
6	*0*	*0*	*0*	*0.488*	*0*	*0*	*0.12*	*0.500*		*0*	*0*	*0*
33	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*		*0*	*0.180*	*0.127*
34	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*		*0*	*0*	*0.320*
35	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*		*0*	*0.724*	*0*

Tableau 24 : Matrice des probabilités de transition

[203] Nous rappelons que de tels types d'enquêtes ont été réalisés sur l'étude Hautes Vosges et représentent le seul moyen d'obtenir des informations fiables sur les comportements de cheminement des visiteurs sur un espace naturel.

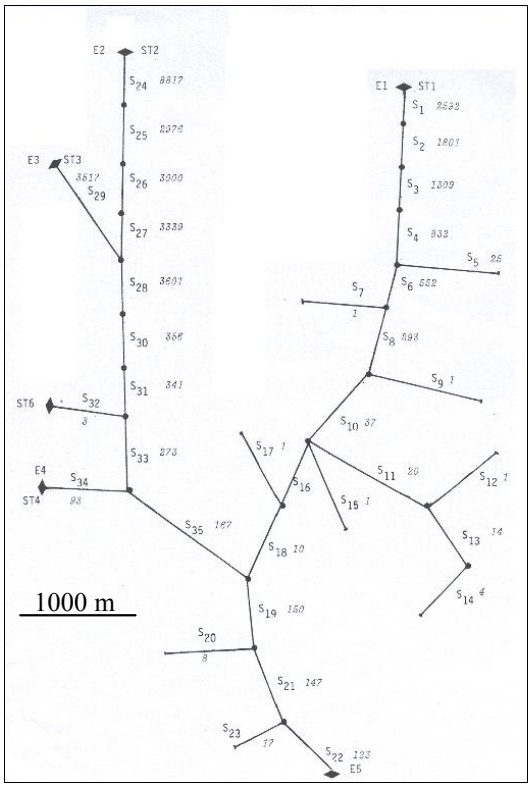


Figure 31 : Graphe de l'espace de circulation pédestre

Les gradients de pénétration que l'auteur obtient par le modèle et ceux obtenus par comptages diffèrent (tableau ci-dessous), il conclut que son modèle minore les gradients de pénétration des premières sections.

Segments de sentiers	*E0*	*S1 (500m)*	*S2 (750m)*	*S3*	*S4*
Comptages	*100*	*87.69*	*86.34*	*69.24*	*64.29*
Valeurs simulées par le modèle	*100*	*75.48*	*60.66*	*47.11*	*44.17*

Tableau 25 : Résultats des applications

La différence qu'il obtient peut s'expliquer de deux façons, soit que le terrain d'application choisi n'est pas adéquat, soit que les déplacements modélisés sont totalement indépendants de l'organisation et de la structure de l'espace, ce qui est fort peu probable. En effet si nous tenons compte des aires de diffusion 500, 1000 et 3 000 mètres autour des points d'accès, alors les résultats du modèle sont cohérents.

Cette explication est valable car P. Point détermine les segments de sentiers en fonction de critères de rupture de débit observé au cours de l'enquête. Cette segmentation des sentiers en graphe a donné en moyenne des arcs compris entre 500 et 1000 mètres. Le modèle prend implicitement en compte les segments de sentiers, et non les comportements de déplacements des visiteurs sur ces sentiers. Les résultats montrent qu'il existe des formes spatiales qui

répondent à des pratiques de diffusion pédestre qui coïncident avec les aires de diffusion pédestre que nous avons identifiées.

Le terrain d'application n'offre pas la possibilité aux flux de s'échapper, c'est-à-dire qu'ils sont canalisés sur un cheminement linéaire avec peu de possibilités de bifurquer en faisant une boucle de promenade comme cela serait possible sur un réseau de sentiers beaucoup plus maillé (ou plus connexe).

Bien que le modèle ne simule que des volumes de flux, leur analyse laisse apparaître des pratiques de diffusion spatiale qui sont conformes à une diffusion sur nos aires radioconcentriques de 500, 1000 et 3000 mètres. Il existe donc la possibilité d'intégrer les comportements de diffusion des visiteurs sous la forme d'une unité de déplacement qui dépend de nos aires de diffusion.

Mais le type même du modèle, markovien, s'il évalue correctement les probabilités de fréquentations, pose le problème de l'historicité en postulant que les faits à un instant t ne dépendent que de l'état du système à t-1. Ce qui reviendrait à supposer qu'un visiteur serait susceptible de repasser sur un site. En matière de déplacement touristique, il est primordial de garder à l'esprit que si le touriste a une connaissance moyenne ou nulle de l'espace, il garde en mémoire un site visité, il acquiert une connaissance empirique en fonction du nombre de sites déjà parcourus.

Mais il n'en reste pas moins que l'approche stochastique apporte des éléments quant aux calculs des flux sur un espace. Elle permet d'appuyer les observations de terrain (comptages) concernant les aires de diffusion. Il est absolument indispensable lorsque l'on étudie les processus de déplacement d'individus sur un espace d'intégrer les facteurs humains (comportement, motivations...) si l'on ne veut pas phagocyter une partie du processus.

De plus, nous pensons que l'intérêt du modèle réside dans l'hypothèse de ces zones naturelles. Il ne les hiérarchise pas, ce qui fait que les arcs du graphe associé aux zones ne sont pas eux aussi hiérarchisés. Les résultats qu'il obtient tendent à montrer une pratique qui se détermine sur un espace et qui s'appuie sur un réseau de circulation de découverte qui s'inscrit dans un espace.

Le travail de P. Point sur la diffusion pédestre est tout à fait remarquable et montre que le choix d'un modèle d'interactions spatiales n'est peut-être pas la meilleure solution pour modéliser des processus de diffusion sur de très grandes échelles. Il y aurait alors une

différenciation bien nette entre le comportement de déplacement lié à deux finalités et deux échelles bien distinctes :

- les déplacements voiture pour accéder à un site dont l'attractivité semble être le résultat de processus d'interactions spatiales entre les sites

- les déplacements pédestres qui répondraient alors à des comportements de diffusion sur l'espace naturel dépendant du réseau de sentiers.

Dans les deux cas, nous aurions une forte dépendance des comportements à la structure du réseau. En effet, il est fort probable que lorsque l'on change d'échelle, on change aussi la nature du processus. Les processus de diffusion gérant les déplacements pédestres et automobiles ne sont pas similaires et encore moins comparables, car on change tout simplement de finalité, on passe du transport à la visite.

Conclusion

Les résultats des modèles montrent que si l'on veut construire un modèle de répartition de visiteurs sur un espace naturel, il faut absolument ne prendre en compte que des variables et des paramètres qui définissent des processus communs à n'importe quel type d'espace. Ce qui ressort sur les deux modèles d'ajustement semble être l'importance de variables quantitatives liées aux accessibilités des curiosités naturelles aux points d'arrêts que sont les parkings et l'attraction des sites voisins. Ces résultats rejoignent les observations faites sur les espaces analysés en première partie.

La principale critique des modèles à petites échelles porte sur leur portée générale. La méthode inductive par ajustement ne garantit pas que le modèle et les résultats puissent être généralisés sur des espaces autres que ceux analysés. Pour K.R. Popper, si la construction des hypothèses est un procédé inductif, l'induction ne permet pas de les justifier et encore moins de parvenir aux théories scientifiques[204].

C'est pour cela que la détermination de l'attractivité par un calcul d'ajustement, en fonction d'un test statistique, apparaît critiquable car les conclusions ne peuvent avoir une portée autre que sur l'espace pour lequel le modèle a été élaboré, ce qui ne nous empêche pas de les utiliser

[204] K.R. Popper nous dit que si une hypothèse résiste aux tests, cela ne veut pas dire qu'elle est concluante, de plus toute théorie n'est vraie que dans l'état de connaissance que nous avons des sciences, rien ne prouve qu'elle

en tant qu'hypothèses supplémentaires. Multiplier les observations et les études ne permet pas un énoncé d'ordre général tout au plus une classification des espaces.

Si les hypothèses doivent servir un modèle plus général, ce dernier ne doit pas être déduit des observations, mais sa construction doit dépendre d'un processus déductif indépendamment des observations faites et posséder un développement dans lequel la mise en relation des variables principales (ou d'état) soit le fruit d'une construction déductive.

C'est donc aussi pour cela qu'un modèle théorique n'est pas construit pour représenter la réalité mais pour donner une réponse aux fonctions qui gèrent les principales variables posées explicitement comme des hypothèses. Les modèles de Lösch, Thunen et Christaller, possèdent une portée générale car ils ont mis en évidence les relations entre l'occupation de l'espace, la fonction productive et les hommes. Ils ne sont pas là pour représenter la réalité mais pour fournir une base intelligible d'un processus de localisation s'opérant sur l'espace.

C'est pour l'ensemble de ces remarques que le choix d'un modèle déductif est fait. Mais le principal argument réside dans la modélisation du facteur attractif du site. En effet pour un aménageur, il est primordial d'essayer de décrire ce que peut représenter l'attractivité d'un site et il apparaît évident qu'elle n'est pas un fait dépendant uniquement de la distance, mais d'une combinaison avec une autre variable qui est son "*offre spatiale récréative*". Les méthodes d'ajustement permettent de la mettre en évidence et non de la décrire.

Un autre élément concerne la prise en compte des niveaux d'organisation des processus de déplacements que l'on analyse. Il est évident que les phénomènes que nous étudions s'organisent sur plusieurs niveaux et tout particulièrement cette attractivité, à l'échelle individuelle pour tout ce qui est déplacements pédestres, pratiques récréatives et choix des sites et à l'échelle globale pour tout ce qui est gestion d'impacts et fréquentation de sites sur un ensemble régional, sans oublier les notions de notoriété et autres concepts liés à une représentation collective d'un espace.

Il est alors fondamental de considérer que ces niveaux d'organisation sont complémentaires et ne peuvent être modélisés indépendamment l'un de l'autre.

sera encore vraie demain.

Chapitre 2. FONDEMENTS THEORIQUES DU MODELE FRED

Introduction

Comme nous venons de le voir, l'objectif de la formalisation repose sur une double approche spatiale, du local au global, qui prend en compte les différents niveaux d'organisation des déplacements. Le principe est de traiter la question des déplacements en décomposant les processus de visite en fonction d'un modèle d'interactions spatiales pour les déplacements et le choix du ou des sites à visiter et d'un modèle de type SMA ou plus précisément d'un automate cellulaire[205] pour modéliser les diffusions pédestres sur les milieux naturels.

Nous devons donc différencier les déplacements sur plusieurs échelles et les comportements de déplacements sur deux échelles aussi : individuel et groupe. Ce qui nécessite dans un premier temps une agrégation des comportements individuels de déplacement et d'accès sur les sites du réseau d'accueil puis une désagrégation des groupes pour les diffusions pédestres afin d'évaluer les pressions anthropiques sur les milieux naturels.

Ce chapitre traitera avant tout de la formalisation des déplacements et des accès aux sites des visiteurs, c'est-à-dire des conditions de déplacements et de fixation des visiteurs sur les sites ouvrant sur des espaces naturels en fonction des trois éléments en interaction du système de déplacement que nous avons isolé : le lieu, le visiteur et le réseau. La formalisation des déplacements pédestres (diffusion) sur les milieux naturels sera abordée dans la troisième partie, car elle est plus liée à des conditions techniques de modélisation d'un automate cellulaire et repose sur des fondements théoriques[206] moins complexes que ceux qui régissent les interactions entre nos trois éléments.

Le choix du modèle d'interactions spatiales utilisé dépend des hypothèses déduites des

[205] Un automate cellulaire est un système "uni-agent" soumis à un jeu de contraintes.
[206] La diffusion sur les espaces naturels repose sur des hypothèses de contraintes géomorphologiques du terrain et des capacités physiques des individus et non à des processus théoriques d'interactions spatiales et s'opère sur une échelle spatiale différente (échelle métrique) qui ne peut être intégrée directement dans le modèle agrégé d'accès aux sites.

analyses spatiales des déplacements que nous avons traitées en première partie et ensuite de l'état de l'art sur les formes de modélisation et d'outils qui sont à notre disposition.

Deux types d'hypothèses sont à différencier. Les hypothèses formelles sur l'espace, "non discutables" par le modèle, en ce sens qu'elles représentent les bases fondamentales ou les conditions initiales de la modélisation sur l'espace (continu ou discontinu) et sur les types d'agrégation (individuel ou groupe). Ces hypothèses sont généralement imposées, car souvent rendues évidentes par les observations faites :

- Un espace non isotrope, discret, fonctionnel, hiérarchisé, normé et valué différemment en fonction d'un double déplacement (routier et pédestre) sur deux échelles spatiales (kilo et hectométrique)

- Une agrégation des individus en groupes en fonction de pratiques communes, la marche à pied et l'utilisation de la voiture.

Puis les hypothèses sur les interactions, les "discutables", c'est-à-dire celles qui seront confirmées ou bien infirmées par le modèle. Ce sont des hypothèses que l'on pose par "intuition", celles qui ont besoin d'être vérifiées car, traduites mathématiquement en variables. Le jeu de leur combinaison donne des résultats plus ou moins cohérents par rapport aux observations (valeur relative de l'offre spatiale en fonction du comportement des individus, comportement de diffusion spatiale sur les aires radioconcentriques, temps de déplacement voiture ...).

Les hypothèses formelles imposent donc des méthodes et des démarches. Le modèle est donc induit par les hypothèses initiales et sa finalité consiste à décrire et à expliquer des processus en acceptant ou en rejetant des hypothèses. Ce qui veut dire que l'on n'est pas libre du choix du modèle que l'on va utiliser et qu'il dépend en premier lieu des conditions initiales imposées par les hypothèses formelles émises et les fondements de l'outil théorique que l'on va utiliser.

Nous avons délibérément adopté une démarche empirique pour les hypothèses de la détermination des éléments et déductive pour la formalisation des interactions, c'est-à-dire que l'objectif de modélisation portera sur l'élaboration d'un "modèle régional"[207], c'est-à-dire un modèle qui implique une combinaison et une application de "modèles généraux".

[207] Brunet "*La composition des modèles* ... op. cit.

Section 1. Les facteurs de déplacements

Nous avons vu précédemment que les fréquentations de visiteurs sur un espace naturel s'organisaient et se structuraient sur réseau d'accueil plus ou moins fonctionnel et hiérarchisé suivant des trois éléments de l'espace en interaction (réseaux, lieux et visiteurs). Dès lors, nous nous intéresserons à la possibilité d'adapter les outils d'analyse d'interactions spatiales à notre problématique de modélisation des déplacements de visiteurs sur les espaces naturels.

Nous posons que le site est un ensemble composé d'espaces naturels dont l'accessibilité est rendue plus facile par la présence d'un parking, ce dernier représentant le nœud d'interface entre le réseau routier et le réseau de sentiers. L'attractivité d'un site récréatif sera déterminée par :

- Une accessibilité des sites récréatifs : la "distance temps" de déplacement voiture qui existe entre les portes d'entrées du réseau et les différents parkings ouvrant sur les espaces naturels.

- Une position relative des sites récréatifs dans l'espace d'accueil touristique : la "distance temps" de déplacement voiture qui existe entre les différents parkings du réseau. Ce calcul nous permet de prendre en compte la densité des sites touristiques sur un espace en émettant l'hypothèse qu'un site isolé est moins attractif, car il ne s'inscrit pas dans un circuit touristique potentiel.

- Une offre spatiale naturelle qui est déterminée par le niveau d'aménagement (équipements sportifs, auberge, commerces...) et l'accessibilité des curiosités naturelles (sommet, points panoramiques, lacs...) à partir des parkings, c'est-à-dire le nombre de curiosités naturelles qui existent dans l'aire de diffusion pédestre de rayon 500, 1000, 3000 mètres autour du parking correspondant à certaines pratiques récréatives des populations de visiteurs (contemplatifs, promeneurs et randonneurs).

A. Deux concepts fondamentaux du modèle

La construction théorique du modèle repose sur deux concepts qui semblent définir et organiser les flux de visiteurs sur un réseau d'accueil, l'accessibilité et l'attraction des sites à partir de comportements de pratiques récréatives spatiales.

L'analyse des processus de déplacement et des diffusions induites nous a permis d'identifier les

principaux facteurs de la répartition sur les sites naturels. Ils sont dépendants de deux facteurs, sa localisation dans le réseau exprimée par le concept d'accessibilité et dans un second temps, sa position relative par rapport à d'autres lieux que l'on déterminera par les attractions mutuelles que les sites possèdent les uns envers les autres.

1). L'accessibilité

Les travaux de Baxter et Ewing[208] ont bien mis en évidence l'importance de l'accessibilité des sites aux points de départ sur un réseau d'accueil. S'il apparaît indéniable que l'accessibilité routière des sites est un des éléments de la fréquentation des sites, l'accessibilité des curiosités naturelles d'un parking est tout aussi importante[209].

Nous différencions deux types d'accessibilité : l'accessibilité routière liée au déplacement voiture et l'accessibilité pédestre du site naturel à partir d'un parking ou de tout autre lieu de stationnement.

La définition, donnée par J.M. Huriot et J. Perreur[210], définit l'accessibilité d'un lieu comme la mesure de la plus ou moins grande facilité avec laquelle une unité peut atteindre ce lieu depuis un sous ensemble de lieux. Exprimé dans ces termes, il convient alors de différencier l'accessibilité simple et l'accessibilité globale ou généralisée.

L'accessibilité simple permet de savoir si un lieu est accessible ou pas à partir d'un autre lieu. Cette accessibilité est une fonction de la distance : $A_{ij}= f(d(i,j))$. L'accessibilité généralisée, contrairement à l'accessibilité simple, consiste à mesurer un indicateur qui détermine l'accessibilité d'un point *i* de l'espace par rapport à un ensemble de points choisis *j*. Cette accessibilité généralisée d'un lieu peut se calculer de plusieurs façons mais la plus courante consiste à calculer l'ensemble des accessibilités simples de tous points à tous points et de la relativiser à tous les trajets d'un site à tout autre.

$$A_i = \sum_i \sum_j d_{ij} / \sum d_{ij}$$

De cette façon, l'accessibilité généralisée d'un lieu traduit quantitativement sa position plus ou moins centrale ou enclavée dans l'espace. Plus la valeur A_i est faible, plus le site est isolé, plus

[208] Cf Le modèle de déplacement de Baxter et Ewing, page 132.
[209] Cf. Modèle de pratiques récréatives dans une région naturelle, page 138.
[210] Huriot (J.M.), et Perreur (J.), "*L'accessibilité*", *in* Encyclopédie d'économie spatiale, sous la dir. A. Bailly, R.

cette valeur est élevée plus le lieu possède un caractère de "centralité", ou que le lieu *i* possède une meilleure desserte.

Il est nécessaire d'identifier deux distances bien distinctes dans un déplacement récréatif. La première est la distance d'accessibilité séparant le point de départ (la résidence ou la porte d'entrée) et l'espace naturel (généralement symbolisé par le premier site visité). La seconde est celle qui sépare les sites sur un réseau. Si le visiteur décide de visiter plusieurs sites, la distance réseau les séparant jouera un rôle fondamental sur la possibilité d'effectuer des circuits, donc sur le nombre de sites visités lors d'un déplacement récréatif. De même, les sites sont considérés comme significativement distincts ou non en fonction d'une distance minimale les séparant.

Nous ne prendrons pas l'accessibilité généralisée bien qu'elle pourrait être utilisée pour modéliser les potentialités d'un réseau à offrir des cheminements touristiques ou bien pour analyser l'insertion d'un site dans un réseau. Mais des calculs plus puissants comme les *attractions absolues*[211] ou *l'autocorrélation spatiale*[212] analysant le voisinage possèdent une dimension explicative bien plus efficace que nous développerons ultérieurement.

Nous pensons qu'une accessibilité généralisée présuppose que le premier déplacement voiture (de la résidence au premier site visité) soit de même nature qu'un déplacement voiture entre deux sites visités, or les observations laissent croire que ces deux déplacements sont de formes et de natures différentes. Les temps de déplacements ne semblent pas être dans le même ordre de grandeur. Si le premier déplacement peut répondre à un déplacement qui minimise le temps de parcours, les déplacements entre des sites lors d'un circuit touristique peuvent aussi faire partie de la visite d'un espace naturel (route de la corniche des Gorges du Verdon, route des crêtes des Vosges...), dans ce cas les déplacements ne minimisent pas toujours les temps de parcours.

Pour les déplacements voiture, nous entendons par accessibilité, l'accessibilité simple d'un site à partir d'un point de départ du déplacement (le lieu de la résidence ou la porte d'entrée du réseau). C'est l'accessibilité du premier déplacement voiture, celui qui permet de se rendre sur un espace naturel. L'accessibilité généralisée n'est pas pour autant oubliée, mais elle sera prise

Ferras, D. Pumain, Economica, Paris,1995. p. 55.

[211] Attractions produites sur un site par ses voisins (Mathis (Ph.), 1977).

[212] Le concept d'autocorrélation spatiale permet à partir de calculs de variance d'analyser l'homogénéité de la distribution d'informations sur l'espace en fonction du voisinage (Jayet (H.) 1993, Pumain (D.) et Saint Julien (T.) 1997).

en compte de façon différente dans les attractions que les sites du réseau possèdent entre eux. L'accessibilité simple sera donnée par le temps minimal (ou le chemin le plus court) qu'il est nécessaire d'effectuer au départ de la résidence d'un visiteur (ou de tout autre point d'entrée sur le réseau) pour se rendre sur l'espace naturel ou sur un site particulier en fonction de son attraction.

2). Les attractions

Toutes les observations que nous avons faites précédemment tendent à mettre en évidence qu'il existe une relation qui lie la distance et l'offre du site, ce que l'on peut aussi appeler l'attraction du site, l'influence que produit un site sur son voisinage. Cette distance doit être distinguée de celle de l'accessibilité car elle ne rentre pas dans le même processus de déplacement. Cette distance d'attraction est liée au type de circulation qu'auront les visiteurs entre les différents sites qui forment le réseau d'accueil. Si la distance d'accessibilité est celle qui sépare la résidence à l'espace naturel, la distance d'attraction est celle qui existe entre les différents sites de l'espace d'accueil. Ces distances associées aux masses des sites engendrent des phénomènes d'attractions qui vont interagir entre elles et créer des espaces de circulation plus ou moins attractifs car des sites seront plus ou moins enclavés, connectés et connexes sur le réseau.

Or notre hypothèse concernant le fait qu'un site moins enclavé utilise l'attractivité des sites voisins pour sa propre attractivité, nous oblige à considérer qu'il n'y a pas de symétrie entre les attractivités. L'attractivité d'un site est alors une fonction des attractions des sites voisins et de l'attraction que le site possède avec son offre spatiale.

a). Modèle de potentiel

La formulation du modèle de potentiel qui va servir de base aux calculs d'interactions spatiales des sites est la suivante[213] :

$${}_{i}Po_{j} = k.\frac{E_j}{d_{ij}} \text{ ou } kE_j d_{ij}^{-1} \text{ qui est une formulation}^{214} \text{ de } kE_j^{\alpha} d_{ij}^{-\beta} \text{ si } \alpha=1 \text{ et } \beta=1$$

${}_{i}Po_{j}$: potentiel du lieu j sur le lieu i (signifiant en physique, l'énergie provoquée par la masse j

[213] Pini (G.). "*L'interaction spatiale*", *in* Encyclopédie de géographie, op. cit. p. 564.
[214] Formulation du modèle gravitationnel de Reilly généralisé (Mathis Ph., 1973 et 1977).

sur l'unité de masse i) ; E_j : masse de j (le plus souvent la population, que l'auteur nomme l'émissivité) ; d_{ij} : distance entre i et j (pour i=j, la distance peut être prise égale à un, mais elle peut aussi faire l'objet d'ajustements ou de pondérations obtenus empiriquement) ; k : constante.

C'est un modèle descriptif qui montre que les forces d'attraction dépendent de deux variables, la masse et la distance. L'utilisation de ces types de modèles ont servi généralement à calculer les interactions qu'avaient les pôles urbains entre eux afin de déterminer leur zone d'attraction, on peut citer les modèles tirés de la généralisation de la loi de Reilly.

La principale différence qui existe entre un modèle de type gravitaire et de type potentiel réside dans la forme même de la formalisation mathématique. Pour chaque pôle (ou site), la masse est prise en compte, et chacun attire donc simultanément en fonction de sa masse. Le déplacement est alors fonction de la résultante de toutes ces attractions. Ce qui veut dire que le modèle est dissymétrique, contrairement à un modèle purement gravitaire qui considère les échanges symétriques. Le point A exerce sur un point B une attraction qui ne sera pas la même que celle de B sur A.

L'avantage de prendre en compte les attractions des sites est d'obtenir une dimension quantitative à la hiérarchie du réseau. La masse d'un site, qui se définit par son offre spatiale, sa taille, sa notoriété, etc. possède une influence plus ou moins importante sur les autres sites en fonction de sa position qui le rend plus ou moins accessible d'autres sites dans le réseau,

b). Primauté de la masse sur la distance

Ph. Mathis[215] indique que les modèles gravitaires mettent trop l'accent sur les élasticités affectées à la distance car elle est évolutive avec les progrès techniques liés à la vitesse moyenne des temps de trajets des nouveaux modes de transport et à la notion même de distance utilisée (coûts, distances métriques, échelles...). C'est-à-dire qu'il va considérer que les influences des points sur l'espace sont principalement liées à une fonction de leur masse. Cette hypothèse de primauté de la masse sur la distance, concernant l'explication des différences qui existent entre les influences, représente un facteur important de la hiérarchisation de l'espace.

Cette primauté de la masse sur la distance aura pour conséquence dans le modèle FRED de s'intéresser plus particulièrement aux nœuds du réseau (ou sommets du graphe) et à ce qu'ils

représentent non seulement dans le graphe mais aussi dans les formes de répartition des visiteurs sur les sites.

Comme nous l'avons vu précédemment, si les accessibilités apparaissent être un facteur explicatif des répartitions de visiteurs sur un espace, cette variable apparaît de plus en plus comme une valeur limitant par défaut des déplacements puisque des seuils de temps de parcours semblent gérer les distances de déplacements. Cette observation implique alors que la distance n'est pas l'unique variable explicative.

En matière de modélisation, cette hypothèse de primauté a des répercussions importantes. Si la forme de représentation de l'espace se fait par un graphe, cela suppose alors que les caractéristiques des nœuds (sommets du graphe) sont les éléments déterminants du système de déplacement et les liaisons entre ces points (arcs du graphe) apparaissent non pas secondaires mais moins explicatives. La valuation d'un arc est simple (coût de transport, temps, distance) car sa formulation mathématique est homogène et souvent linéaire, celle d'un nœud l'est beaucoup moins. Cette constatation est d'autant plus vraie pour un réseau d'accueil récréatif. La massification d'un site dépend de grandeurs difficilement quantifiables car elles sont liées à des comportements humains : valuation esthétique d'un paysage à partir d'un point panoramique, valuation d'une activité récréative sur les comportements de diffusion spatiale, valuation des équipements d'un site dans les pratiques récréatives.

Si on rajoute que les déplacements peuvent posséder plusieurs arrêts, il devient évident que le système hiérarchisé du réseau d'accueil va avoir une importance de premier rang dans l'organisation des circulations donc des répartitions. La fréquentation d'un site sera alors soumise à l'influence de l'ensemble des forces d'attraction des sites environnants.

c). L'influence du voisinage

Si l'on veut modéliser l'effet des comportements des visiteurs sur les déplacements, il devient nécessaire d'introduire une fonction (qui lie la distance et la masse) qui tienne compte de l'influence des sites voisins dans l'attractivité du site. Pour cela nous utiliserons comme base théorique le modèle des attractions absolues de Ph. Mathis[216].

La modélisation des attractions absolues, définie par Ph. Mathis est un modèle dérivé du

[215] Mathis (Ph.). "*Economie urbaine et théorie ...op; cit.*
[216] *Ibid.* - p335.

modèle de potentiel, qui associe pour chaque masse une attraction du site dans l'espace. Ce modèle consiste à déterminer "*l'attraction absolue*" exercée par chaque ville sur toutes les autres. Cette attraction est ensuite relativisée sur l'ensemble du réseau et donne l'attraction relative de la masse. Elle traduit l'influence que possède une masse sur le réseau.

$$AA_{(i,j)} = cP_i^{\alpha} / dD_{(i,j)}^{\beta} \text{ ou } AA_{(i,j)} = cP_i^{\alpha} dD_{(i,j)}^{-\beta}$$

avec *Pi* , population de la ville *i* ; D*(i,j)*, distance entre la ville *i* et *j* ; α , élasticité spécifique d'une fonction déterminée appliquée sur la population ; β, élasticité sur la distance ; *c* et *d*, deux paramètres d'ajustement.

AA(i,j) est la matrice de dimension *(N,N)*, non symétrique, indiquant pour tous les couples *(i,j)*, avec *i≠j* l'attraction absolue de *i* sur *j* et de *j* sur *i*, si les populations des deux villes sont différentes, les attractions sont dissymétriques.

A partir de cette relation, Ph. Mathis calcule l'attraction relative d'une ville sur l'ensemble des autres villes. Cette attraction relative détermine la probabilité pour un agent localisé en j d'aller en i ce qui permet de déterminer pour une origine le classement et le poids des sites attractifs.

$$AR_{(i,j)} = AA_{(i,j)} \Big/ \sum_{i=1}^{n} AA_{(i,j)} \qquad \text{avec} \qquad \sum_{i=1}^{n} AR_{(i,j)} = 1$$

L'intérêt d'un tel modèle est de différencier l'ensemble des attractions de chaque point de l'espace et sur chaque point de l'espace de donner une dimension relativisée de la valeur de cette attraction.

Le principe de modélisation que nous utiliserons pour FRED, sera sensiblement différent. Ph. Mathis calcule l'influence qu'exerce *i* sur ces voisins *j*, nous allons calculer pour chacun des sites l'attraction produite sur *i* par les sites voisins *j*[217]. Concrètement, dans la formulation, au lieu de prendre *Pi* on prendra *Pj* pour avoir une formulation de ce type :

$$AA_{(i,j)} = cP_j^{\alpha} / dD_{(i,j)}^{\beta}$$

C'est-à-dire que l'on calcule un potentiel des sites *j* voisins susceptibles de rendre le site *i* plus

[217] Sites qui se trouvent en dessous d'un temps de déplacement.

attractif en fonction de sa position dans le réseau. On reprend ici l'hypothèse qu'un site plus ou moins isolé sera plus ou moins attractif.

En résumé, un site possédera un potentiel attractif qui dépendra de la valeur attractive de son offre spatiale et des attractions absolues des sites voisins.

La construction du modèle FRED va donc dépendre de l'intégration des trois éléments fondamentaux qui gèrent le système des déplacements récréatifs sur un espace d'accueil récréatif, le visiteur, le lieu et le réseau.

B. Les trois éléments en interaction

Si l'importance de l'accessibilité et des attractions nous sont apparues facilement au travers des différentes observations, les fonctions les définissant nécessitent de poser des hypothèses relativement fortes sur les variables.

Le principal problème de recherche auquel nous sommes confrontés est de poser une formalisation qui doit intégrer les différentes composantes des interactions de notre système gérées par des relations asymétriques entre les différents éléments composant le système de déplacement récréatif d'un espace naturel.

Les trois éléments composant le système de déplacement, que nous avons identifiés en première partie, interagissent de façon dissymétrique.

Interactions sur ⇓	*Visiteurs*	*Lieux*	*Réseaux*
Visiteurs	*Sous système visiteur* *Comportement* *Typologie des visiteurs*	*Offre spatiale naturelle relative* *Attractivité*	*Accessibilité* *Contraintes de déplacements*
Lieux	*Impacts* *Aire de diffusion radioconcentrique*	*Sous système lieux* *Equipement et Patrimoine naturel* *Offre spatiale absolue*	*Voisinage* *Sous espace de déplacement*
Réseaux	*Circuit* *Axe de déplacement* *Origine destination*	*Structure spatiale hiérarchisée*	*Sous système réseau* *Connectivité et connexité du réseau* *Morphologie (taille et forme)*

Tableau 26 : Nature des interactions entre les différents éléments du système déplacement/ visite sur les espaces naturels entrant dans le second mécanisme de choix[218]

Les principales hypothèses de la construction du modèle FRED concernant la définition de

[218] Cf. Deux "boites noires", page 100.

notre système porteront sur la définition des sous-systèmes qui structurent les processus de déplacement sur les espaces naturels.

Notre thèse porte sur l'affirmation que l'espace va orienter et définir des formes de répartition. Il est donc important de dire que l'approche est axée sur la simulation de la répartition des flux de visiteurs sur un espace d'accueil organisé en réseau, donc de savoir si l'offre de l'espace d'accueil est susceptible de définir des formes de diffusion. En fonction d'hypothèses déduites à partir des observations sur la structure de l'espace et les comportements de visiteurs, nous allons émettre des hypothèses d'un second ordre qui portent sur les relations qui gèrent les interactions entre les différents éléments de notre système.

L'objectif de la formalisation est de donner une valeur relative de l'espace en fonction d'un type de pratique récréative que traduit un comportement de répartition. Nous allons donc considérer que la valeur de l'espace naturel diffère en fonction de l'activité que pratiquent 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 récréative" du site. C'est-à-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, il y a comparaison des sites pour un usage spécifique. L'espace est soumis à des filtres qui seront différents en fonction des types de pratiques récréatives spatiales. On ne voit pas l'espace de la même façon que l'on soit tour à tour contemplatif, promeneur ou randonneur.

1). Le visiteur

Le visiteur est, sans nul doute, l'élément le plus difficile à identifier. Doit-on le considérer comme un élément rationnel ou non rationnel (dans la mesure où l'on ne peut pas être sûr de ses comportements).

a). Un agent spatial qui possède un comportement de diffusion

Nous avons donc posé que la population est segmentée en trois types de visiteurs, les contemplatifs, les promeneurs et les randonneurs. Ils possèdent chacun un comportement de diffusion sur les milieux naturels défini en fonction d'une pratique récréative de l'espace qui

utilise l'espace naturel en le différenciant par des aires de diffusion de 500, 1000 et 3 000 mètres de rayon.

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

Tableau 27 : Typologie des visiteurs et aires radioconcentriques de diffusion pédestre

Cette hypothèse correspond au fait que lorsque les visiteurs ont décidé de se déplacer (processus de décision issu du premier mécanisme de choix, la décision de se déplacer), ils savent "*à peu près ce qu'ils veulent faire*", mais savent très bien ce qu'ils ne feront pas. Une randonnée d'une journée se prépare (circuit, pique-nique...) comme la pratique bien spéciale d'une activité, le VTT doit être transporté sur le lieu de départ, le matériel pour la varappe d'un rocher ou d'une paroi.

Le visiteur possède des contraintes physiques, de temps et de distance, et est animé par la motivation de pratiquer des activités de loisirs. On définit alors le visiteur comme un agent spatial, c'est-à-dire comme un individu qui possède des pratiques régulières sur l'espace et dans le temps.

b). Un agent qui possède une perception de l'espace

Généralement les comportements spatiaux du consommateur sont basés sur des théories qui minimisent des contraintes de coûts ou maximalisent des valeurs d'usage.

Il existe un rapport entre deux distances, cognitive et kilométrique[219], qui donne une légère sous évaluation des grandes distances kilométriques et une sur évaluation des petites distances kilométriques, comme un déplacement en fin de journée apparaît plus long qu'un déplacement le matin. Ces perceptions vont ainsi jouer sur "*l'organisation mentale du déplacement, faisant presque toujours appel à des référentiels égocentrés*"[220].

Ces remarques sont importantes, car elles peuvent donner des éléments de réponse sur des

[219] Bailly (A.), "*Distances et espaces. Vingt ans de géographie des représentations*", L'Espace géographique, n°3, 1985. pp 197-205.
[220] *Ibid.* - p. 201.

comportements de visites que l'on peut observer entre différentes heures de la journée.

Il apparaît dans les études menées sur ce thème que les hommes se situent à partir de point de repère[221] et segmentent ainsi la distance totale en segments qui relient chacun des points de repère, plus il existe de segments, plus la distance totale paraît longue[222]. A. Bailly[223] définit un espace mental organisé en fonction de trois aspects : le structurel correspondant à l'organisation du réseau (axe et repère de déplacement), le fonctionnel associé à une pratique de l'espace (déplacement, activités...) et le symbolique qui répond à une interaction entre la représentation de l'espace et l'expérience de l'individu.

Pour A. Bailly, l'espace apparaît donc relatif et anthropocentré et ne peut être réduit à un espace absolu (type de Newton) de points indépendants.

c). Un agent qui intègre l'espace dans sa globalité

En reprenant A. Bailly, on trouve ici, une explication de la différenciation des déplacements voitures et pédestres s'opérant sur le réseau d'accueil d'un espace naturel en fonction de la perception qu'ont les individus sur l'espace, un espace structurel de déplacement lié à l'accessibilité, un espace fonctionnel ouvrant sur des pratiques récréatives et un espace symbolique inférant une représentation causée par la notoriété du site.

Il paraît alors plausible que les formes de fréquentations sur les espaces naturels soient la résultante des interactions s'opérant entre les trois représentations que se font les visiteurs entre l'aspect fonctionnel, structurel et symbolique.

L'aspect structurel de l'espace sera donné par la topologie du réseau d'accueil donc par l'organisation spatiale des sites et les seuils psychologiques de déplacement (temps "à moins de..."). L'aspect fonctionnel sera déterminé par des formes particulières de pratiques récréatives de diffusion spatiale (types de cheminement en boucle ou en aller et retour) s'opérant dans les différentes aires de diffusion pédestre. La dimension symbolique de l'espace sera sa capacité à offrir l'activité récréative que les individus sont venus chercher sur l'espace, cette dimension prendra en compte l'offre spatiale (curiosités naturelles, équipements touristiques, services...) existante dans les différentes aires et la notoriété des sites et sera

---

[221] Lynch (K.), "*L'image de la cité*", coll. Aspects de l'Urbanisme, Dunod, 1976.
[222] L'exemple des transports en commun du métro parisien est intéressant, un déplacement de 20 minutes avec changement est considéré comme aussi long voire plus long qu'un déplacement de 30 minutes sans changement.
[223] Bailly (A.), "*Distances et espaces. Vingt ans de géographie...*, op. cit.

différente pour chacune des trois populations de visiteurs en fonction des pratiques récréatives de diffusion.

Ces affirmations nous obligent alors à définir les deux autres éléments de notre système, le lieu et le réseau d'accueil comme étant, eux aussi, des agents définissant et orientant des formes de répartition sur l'espace.

d). Un agent qui segmente le temps

Nous voulons montrer que le temps ne donne pas obligatoirement une distance parcourue, mais une distance parcourue (ou une pratique ponctuelle) donne dans tous les cas une variation du temps donc un temps de présence. Il existe un rapport non symétrique entre le temps et la distance. La distance de promenade, entre un point 1 et un point 2, ou la pratique d'une autre activité implique toujours un temps de présence minimal. Or un temps de présence ne nous fournira aucune information sur les pratiques des visiteurs et les impacts des visiteurs sur les espaces naturels.

Nous pensons que le temps n'est pas une unité commune partagée par tous les visiteurs. Il semble qu'ils associent le temps comme une donnée limitant par défaut le déplacement et l'assimilent comme un capital de temps qui leur permet de se déplacer et d'atteindre des sites. Rien ne présuppose qu'il existe une optimisation de la variable temporelle. Un déplacement récréatif se fait souvent en fonction de temps psychologiques qui donnent une valeur maximale de déplacement un peu floue très bien exprimée, dans le cas de l'accessibilité, par l'expression "à moins d'une demie heure" qui veut dire un déplacement borné entre un quart et trois quarts d'heure en fonction des aléas routiers.

Dès lors l'intégration du temps dans les processus est irrémédiablement liée à l'espace et au comportement des individus. Dans les modèles dynamiques développés en analyse spatiale[224] pour appréhender des diffusions, le temps apparaît comme une variable continue sur l'espace et donne la troisième dimension au processus de diffusion s'opérant sur un espace. Il représente une variable fondamentale des processus d'interactions spatiales sur l'espace[225].

Si l'on s'interroge sur la définition de *dt*, on peut faire remarquer que ce concept n'est valable que si l'on considère le *dt* comme une grandeur invariable qui va déterminer un temps continu

---

[224] Forrester (J.W.), "Princpes des sytèmes", Presses Universitaires de Lyon, troisième édition, Lyon, 1984.
[225] Sanders (L.), "*Le temps dans l'analyse spatiale*" in Démarches et pratiques en analyse spatiale, Actes de l'école

($\int dt$=*continu*). Mais si on pense que le *dt* peut être appréhendé de façon différente par les individus, alors la variation *dt* n'est plus constante sur un intervalle de temps (par exemple une journée) car elle est perçue différemment. La valeur de la perception du temps fait que chaque individu possède un référentiel qui lui est propre et qui rend le temps plus ou moins discret sur un intervalle, donc non continu. Une variation *dt* peut ne pas avoir la même signification pour les différents visiteurs.

Si le temps d'une journée est continu, les différentes phases liées aux pratiques quotidiennes font que les individus segmentent leur journée en activités qui peuvent être analysées en "budget espaces-temps"[226]. Ces "budgets espaces-temps" sont des séquences de durée de temps d'une journée réservées à des activités bien spécifiques. S. Chardonnel[227] montre bien que cette méthode peut s'appliquer à l'emploi du temps des touristes. Les pratiques récréatives segmentent le temps d'une journée en activités, le temps devient alors une grandeur discrète dépendant des comportements touristiques des visiteurs.

Si le visiteur se déplace à la journée, à la demie journée, ou à l'heure, les seuils psychologiques sur les temps de déplacements maximum (choix d'un site "à moins de...") sont variables et induisent des temps de visite qui dépendent de l'horaire de départ. Il devient alors évident que le temps dépend d'une unité qui ne possède pas une valeur égale pour tous les visiteurs. On peut même admettre qu'il existe deux temps différents celui du déplacement *dt(voiture)* et celui de la visite *dt(promenade)*, ce qui veut dire qu'un déplacement récréatif est géré par deux variables temps bien distinctes dont les *dt* ne représentent pas les mêmes variations de temps.

De plus, ces écarts sont susceptibles d'être amplifiées par les perceptions que les individus possèdent sur les notions de temps : les "temps psychologiques". Ces temps recouvrent des notions de seuils liées aux rythmes de vies segmentés sur une journée : on part pour la journée, la matinée ou l'après-midi, on se déplace à moins d'un quart d'heure, d'une heure, etc. Dans l'absolu, ces seuils apparaissent variables et, suivant les individus, relatifs les uns par rapport aux autres, par exemple, la durée d'une matinée peut osciller entre 2 et 5 heures en fonction de l'heure du réveil et du déjeuner.

En partant du principe que le visiteur ne fait pas le déplacement voiture "à moitié" (si le

thématique, Géoppoint, Avignon, 1996. p. 57-63.

[226] Hagestrand (T.), "The domain of human geography", ed. Chorley, Direction in human geography, Methuen, Londres, 1973.

[227] Chardonnel (S.), "*Emploi du temps*..., op. cit.

déplacement n'est pas fait en totalité, il ne peut y avoir de visite), et qu'il existe des temps de déplacement maximum ou minimum, on peut supposer que le déplacement d'accès au site est indivisible et qu'en fonction de l'heure de départ de sa résidence, il existe un *dt(voiture)* qui représente l'unité insécable de déplacement voiture pour un visiteur, symbolisée par "l'effet tunnel"[228].

Si un visiteur peut ne pas posséder les mêmes seuils de temps de déplacement, on peut supposer que le *dt(voiture)* peut avoir des valeurs différentes en fonction de l'heure de départ et du type de pratiques récréatives. Le temps de déplacement apparaît alors comme une variable discrète et non plus comme un référentiel continu partagé par l'ensemble de la population de visiteurs. Par analogie avec le "budget temps", le temps discret est donné par la durée nécessaire à la consommation d'un "budget déplacement" propre à chaque visiteur.

Un raisonnement similaire peut être fait pour le temps de promenade sur le site. On peut très bien admettre que le *dt(promenade)* est le temps de présence minimum pour faire un déplacement dans les aires de diffusion correspondant aux différentes pratiques spatiales des visiteurs. L'unité de temps, qui fait référence lors d'un déplacement, est alors un temps minimum de visite. On obtient donc trois *dt(promenade)* différents, un temps de présence minimum pour qu'un contemplatif, un promeneur ou un randonneur fasse son déplacement pédestre dans son aire respective . Comme pour le *dt(voiture)*, le *dt(promenade)* est variable en fonction des visiteurs, ce qui fait que le temps apparaît plus comme un paramètre aux valeurs discrètes que comme une variable continue sur l'espace.

Dès lors, pour chaque type de visiteurs nous aurons pour tous les sites un temps de présence déduit. En fonction de l'heure de départ de la résidence, il sera possible pour le visiteur de visiter un certain nombre de sites. Cette conception différente de l'intégration du temps met alors plus l'accent sur la forme du réseau, la topologie du graphe, définie par la connexité, la connectivité et la distance des arcs. La topologie détermine alors des facteurs limitant par défaut des déplacements dus au fait que le temps est borné par une heure de départ (le matin) et une heure de retour (le soir). Les sites seront ou ne seront pas accessibles (temps minimaux) en fonction de certains types de circulation (cf. tableau : Morphologie des réseaux d'accueil, page 172).

---

[228] Sur un tronçon (A;B), tout déplacement partant de A arrive en B et il ne peut y avoir de bifurcation entre ces deux points. Le déplacement traverse un territoire dans des conditions de temps et de coûts bien inférieures à ce que devrait être un simple déplacement qui devrait traverser tout l'espace (Metro, TGV..). Voir aussi à ce sujet Plassard (F.), "*Le train à grande vitesse et le réseau de villes*", Transport, n°345, 1991, p. 19.

2). Le lieu

Le lieu, que nous appellerons aussi site, représente, à l'évidence, l'élément le plus déterminant dans les répartitions des visiteurs sur un espace naturel. Il représente ce pourquoi les visiteurs se déplacent. C'est l'interface entre le réseau routier et le site naturel (le réseau sentier). Le site sera alors représenté par ce nœud de rupture de charge qui est le point de fixation ou le point de stationnement : le parking.

L'organisation des déplacements sur un territoire touristique semble être dépendante des pratiques spatiales sur des sites qui constituent l'unité élémentaire de la structure spatiale d'un territoire touristique et de la structure du réseau.

Il possède des caractéristiques propres qui vont lui donner une offre spatiale absolue, ce que l'on peut dénombrer (nombre d'équipements et leur diversité, offre du milieu naturel c'est-à-dire le nombre de curiosités naturelles existant à proximité des parkings). Cette offre spatiale deviendra relative en fonction du niveau d'aménagement du site et de la répartition des curiosités naturelles contenues dans les différentes aires de diffusion du site susceptibles d'être accessibles des parkings par nos trois populations de visiteurs. Donc chaque site possédera des caractéristiques absolues internes qui seront plus ou moins attractives pour chacune des populations de visiteurs.

C'est à ce niveau que se produit l'interaction entre le lieu et le visiteur, cette interaction résulte de la capacité du site à offrir un potentiel relatif d'activité en fonction d'une population de visiteurs. Nous aurons donc, pour chacun des sites, trois attractivités différentes correspondant chacune à l'une des trois populations.

a). La masse, une offre spatiale absolue

On rejoint ici, l'un des problèmes les plus aigus pour les modèles d'interactions spatiales, la massification de nos sites. Si la distance est une variable relativement facile à quantifier, la masse d'un site est beaucoup plus difficile à définir.

La qualité de l'espace est dépendante de ce qu'il contient et de celui qui le voit. On pourrait aussi ajouter, de celui qui le conçoit, l'aménageur qui tente de faire le lien entre les deux. Qu'il soit plus "bétonneur" que "naturaliste", il n'aura pas la même conception de l'espace de loisir. Nous n'allons pas tenir compte de l'artefact que produit l'image que se fait l'aménageur, nous allons le considérer, en dehors de toute prétention, neutre.

La valeur du site regroupe plusieurs notions. Pour nous, elle est liée aux comportements des individus qui apparaissent variés dans le choix des sites naturels à visiter, mais se font presque toujours selon trois principales caractéristiques du milieu naturel (cf. Des pratiques régulières sur l'espace, page 34):

- une nature protégée qui offre un dépaysement,
- une nature aménagée qui offre une sécurité,
- une nature accessible qui offre une découverte.

On va donc considérer que le site offre des "ressources naturelles", qui sont les curiosités naturelles. Elles sont liées généralement à la géomorphologie des lieux (sommets, points panoramiques, lacs, plans d'eau, éperons rocheux, etc.) et à la combinaison du milieu par rapport à un paysage plus ou moins ouvert ou fermé.

Cette ressource naturelle est accompagnée par des équipements qui la mettent en valeur. Ces équipements sont multiples. Le premier est le point de fixation qu'est le parking. S'il n'existe pas de point d'accessibilité, il ne peut y avoir de fréquentation. Nous pouvons aussi différencier des boutiques et des équipements de services aux visiteurs comme la restauration, des offres d'activités de loisirs ponctuelles (location de VTT, Pédalo, luge d'été, parapente, etc.). Ensuite il est nécessaire de définir la potentialité du site à diffuser les visiteurs sur les milieux naturels à partir de sentiers qui vont irriguer tout l'espace de façon plus ou moins dense. Ces sentiers peuvent être des sentiers de grandes randonnées, de simples sentiers balisés, ou des sentiers dits spontanés nés des impacts d'une fréquentation intensive des lieux.

La notion de sécurité évoquée ci-dessus, tient compte de la manière dont un site est aménagé et inséré en fonction des risques encourus. Une corniche est fréquentée si elle est sécurisée, de même que l'on visite des espaces ouverts et non des sapinières sombres et oppressantes. On choisit de préférence un site accessible à la voiture qui propose une offre diversifiée d'activités, qu'elle soit de plein air ou culturelle, et non un site perdu et sauvage, n'oublions pas que le caractère grégaire du visiteur peut aussi relever d'un sentiment de sécurité.

b). Le poids, une offre spatiale relative

Le visiteur va avoir une image du site qui va lui fournir une valeur subjective. Un "classement" va hiérarchiser les sites de l'espace récréatif. Cette hiérarchie sera dépendante de la valeur

accordée au site en fonction de sa capacité à offrir un potentiel d'activités. Ce qui veut dire que la valeur du site sera relative, ou plus précisément, on aura une offre spatiale relative attribuée pour chaque site par chaque type de visiteur (contemplatifs, promeneurs et randonneurs).

Cette offre spatiale relative représente une attractivité du site qui est dépendante des formes de pratiques récréatives spatiales des visiteurs sur les espaces naturels. Si l'on reprend le *Tableau 27* (page 164), en fonction du type de cheminement et de l'aire de diffusion, pour chaque site, une hiérarchie s'opère pour chacun des groupes de visiteurs qui attribuent une valeur différente à l'offre spatiale. On obtient alors une offre spatiale relative du site qui est une fonction entre la dotation du site en équipements, les curiosités naturelles et l'appartenance d'un visiteur à l'une des trois populations.

On définit alors un potentiel touristique[229] fondé sur la qualité de la ressource et sur le souhait de l'usager. Chaque site possède alors une attractivité potentielle déterminée par une offre (accessibilité - parking - pénétration - espace ouvert) capable de capter des flux touristiques.

Nous tenons à faire remarquer que nous n'avons pas voulu faire appel à la méthode d'évaluation contingente car elle nous semblait trop liée aux représentations que les individus se font d'une nature qu'ils idéalisent. De plus ces méthodes ne nous apparaissent pas efficaces, elles ont une certaine difficulté à connaître de façon déterminée le poids de la valeur récréative d'un site. "*La valeur touristique – et donc la valeur économique des paysages – ne fait plus de doute même si aucune méthode universelle d'évaluation de cette valeur n'a été encore développée*"[230].

3). Le réseau

"*Le système spatial touristique est une sorte d'archipel*"[231]. Cet archipel de sites est interconnecté par un réseau routier et des sentiers de randonnées qui vont conférer au réseau d'accueil une morphologie susceptible d'organiser les circulations.

a). Structure du réseau

Les pratiques de déplacements montrent une consommation déterministe en fonction de la morphologie du réseau qui offre la possibilité ou non d'offrir des circuits, en privilégiant des

[229] Dewailly (J.M.), Flament (E.), "*Géographie du tourisme et des loisirs*... op. cit. p. 83.
[230] Zins (M.), Jacques (J.), " La valeur touristique et économique des paysages", Téoros, vol 18, n°1, printemps 1999. p. 48.
[231] Dewailly (J.M.), Flament (E.), "*Géographie du tourisme et des loisirs*... op. cit. p. 107.

axes de déplacement sur des routes dites touristiques. L'organisation spatiale d'un réseau peut être structurée de plusieurs façons. A chacune de ces structures correspond des caractéristiques spatiales de pratique récréative de l'espace, de diffusion et de répartition des touristes sur un territoire.

La structure même du réseau, plus ou moins hiérarchisée, induit, comme le montre *la Figure 32*, des formes de pratiques récréatives 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.

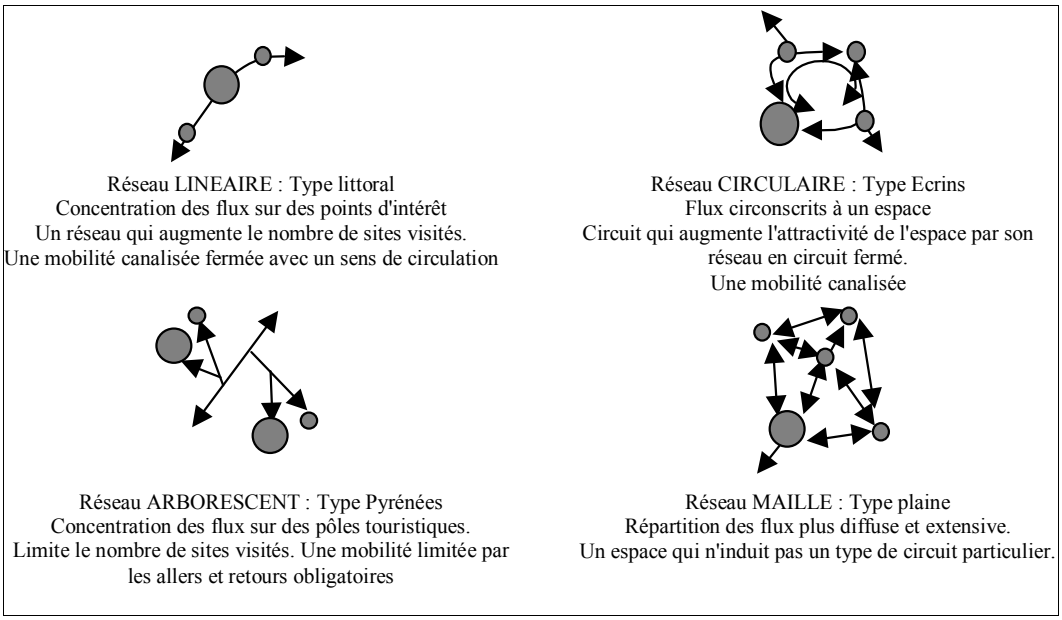


Figure 32 : Morphologie des réseaux d'accueil

La morphologie du réseau va dépendre des répartitions des groupements humains sur le territoire mais aussi des conditions de la géomorphologie du territoire. En fonction du relief, de la densité de l'habitat, du niveau de développement économique, le réseau n'a pas les mêmes caractéristiques. Le territoire sera plus ou moins bien desservi, équipé (modes de transport), aménagé (qualité des équipements ; présence de voies rapides), étendu ou pas.

Le réseau d'accueil va donc posséder des caractéristiques qui lui seront propres comme la connectivité et la connexité des relations routières. Ces propriétés donnent au réseau des potentialités de circulation qui peuvent engendrer des formes particulières de fréquentations tant sur le nombre de sites visités que sur le temps de présence sur ces derniers.

Les interactions entre la morphologie du réseau et les comportements de cheminement se manifestent par des variations qui portent sur les temps de visite 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 car on ne peut visiter qu'un seul site. Ce type de visite implique des fréquentations et des impacts plus diffus mais plus profonds dans les milieux naturels. De même de faibles distances temps entre les sites vont les situer dans leurs "zones d'indifférences" mutuelles. Les sites sont alors suffisamment proches pour former des agrégats qui accroissent potentiellement le passage de l'un à l'autre lorsque les sites les plus attractifs sont saturés ou en passe de l'être et permet ainsi à des visiteurs de se répartir sur des sites moins fréquentés (cf. Des pratiques régulières sur l'espace, page 34).

b). La mobilité des visiteurs

La thèse de S. Chardonnel[232], sur les comportements de visiteurs dans la station de la Valloire (Vallée de la Maurienne), est intéressante à ce sujet. Elle montre l'importance de la mobilité des vacanciers, qui utilisent leur résidence de vacances comme une véritable "base arrière" pour visiter une région, dans le cas présent, les espaces naturels des massifs alpins avoisinants. Le travail met l'accent sur les emplois du temps des vacanciers et laisse apparaître des journées segmentées de telles manières à ne pratiquer, dans la journée, qu'une activité de loisirs de plein air (promenade, randonnée, sport ...). Les déplacements représentent à peu près 5 % du temps des activités (de l'ordre d'une heure sur une base de 24 heures). Comme il s'agit d'une moyenne d'un temps passé dans une journée, il est difficile de dresser un portrait type du visiteur qui se déplace, mais une heure de déplacement en moyenne par journée est quelque chose de relativement important et non négligeable.

De par sa nature, le produit touristique implique un déplacement du visiteur, une migration vers un espace périphérique.

[232] Chardonnel (S.), "*Emploi du temps*..., op. cit.

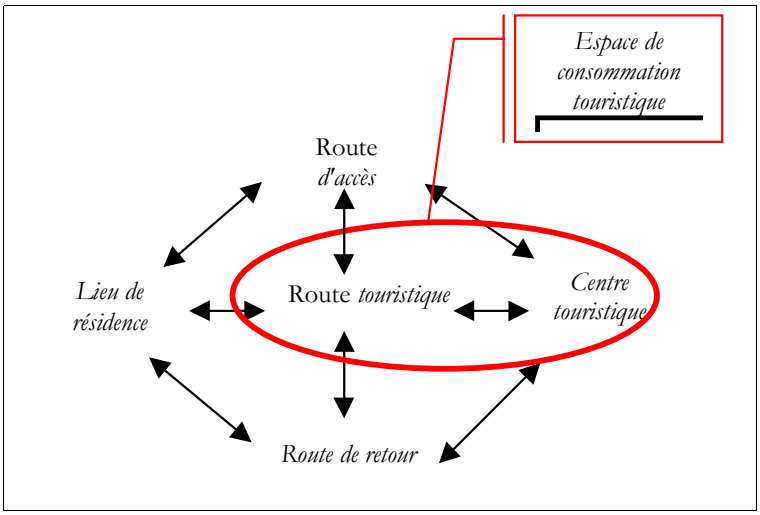


Figure 33 : Schéma d'un déplacement touristique (Modèle de Mariot - Matley 1976)

Cela permet de distinguer trois types d'espaces[233] : un espace de résidence (espace vécu), un espace parcouru (espace regardé), un espace occupé (pratiques récréatives spatiales). Parler de déplacement implique d'aborder, en plus des lieux touristiques fréquentés, les itinéraires utilisés.

Un déplacement touristique a souvent pour origine un déplacement voiture. Qui dit déplacement dit circulation et cette circulation, dans notre contexte, peut se traduire par un circuit touristique donc d'une succession ordonnée d'arrêts.

Le réseau structure l'espace et le déplacement. Il engendre des contraintes d'accessibilité et offre un potentiel de circuits de visites. Nous pouvons définir deux grands types de circulation, c'est-à-dire la façon qu'il existe de se rendre d'un lieu à un autre.

La première est une circulation de proche en proche (percolante), plus ou moins orientée. Elle sera plus assujettie à la hiérarchie du réseau d'accueil. Ce sont généralement des circulations qui se redistribuent sur le réseau relativement dense en sites à partir d'un premier site visité. Ces types de circulation caractérisent des réseaux d'accueil polarisés autour d'un site majeur. La fonctionnalité de l'espace passe alors par la structure (taille et forme) et par les niveaux de hiérarchisation des lieux sur le réseau d'accueil.

La seconde est une "circulation sélective", déterministe qui répond à un objectif de visite, c'est-à-dire que l'on a préparé son cheminement. La visite des lieux est dépendante d'une

[233] Miossec (J.M.), "*Un modèle de l'espace touristique* ", Etudes Géographiques, n°1, 1977, p.41 - 48.

volonté plus forte de visiter des sites bien déterminés. Ce type de circuit est moins dépendant des structures spatiales du réseau d'accueil. Les déplacements de ce type sont généralement le fait de visiteurs qui ne s'arrêtent que sur un seul site ou qui circulent sur un réseau d'accueil extensif peu dense. La fonctionnalité de l'espace sera alors dépendante de l'offre spatiale des sites, en fonction du potentiel des sites à offrir certaines pratiques récréatives spatiales.

c). Un réseau hiérarchisé par les circulations

On retrouve ici la problématique de l'attractivité d'un site ; est-ce son accessibilité et sa position dans le réseau, ou bien son offre spatiale naturelle qui lui procure son attractivité. Les formes de déplacement sur le réseau ne seront pas les mêmes.

La répartition spatiale se fait à partir des points forts de l'espace touristique. Ces points forts sont souvent les lieux les plus fréquentés et connus. Ils apparaissent comme des points de départs d'une redistribution des déplacements des flux de visiteurs sur des sites voisins. Les flux de visiteurs sont polarisés sur l'espace récréatif autour d'un certain nombre de sites. Les déplacements récréatifs s'appuient sur ces pôles qui dépendent de la structure du réseau (circuits, nombre de sites, offre spatiale des sites ...) et des formes de pratiques récréatives des visiteurs (seuils de déplacements, nombre de sites visités, comportements sur les aires de diffusion ...).

Les réseaux d'accueil ne sont pas aussi bien définis car les espaces sont imbriqués les uns dans les autres et il est alors très difficile de déterminer un espace récréatif indépendamment des autres. Prenons l'exemple de l'espace régional des Alpes, comment définit-on les espaces d'accueil. Si l'on prend les flux de circulation et l'hébergement, on classera les espaces par vallées (Maurienne, Tarentaise...), si l'on classe en fonction des fréquentations des milieux naturels, on classera par massif (Mont Blanc, Beaufortain...), si l'on décide d'analyser les répartitions en fonction des espaces protégés, on classera par Parcs Nationaux et régionaux (Vanoise, Ecrins, Mercantour, Queyras, Vercors, Chartreuse...).

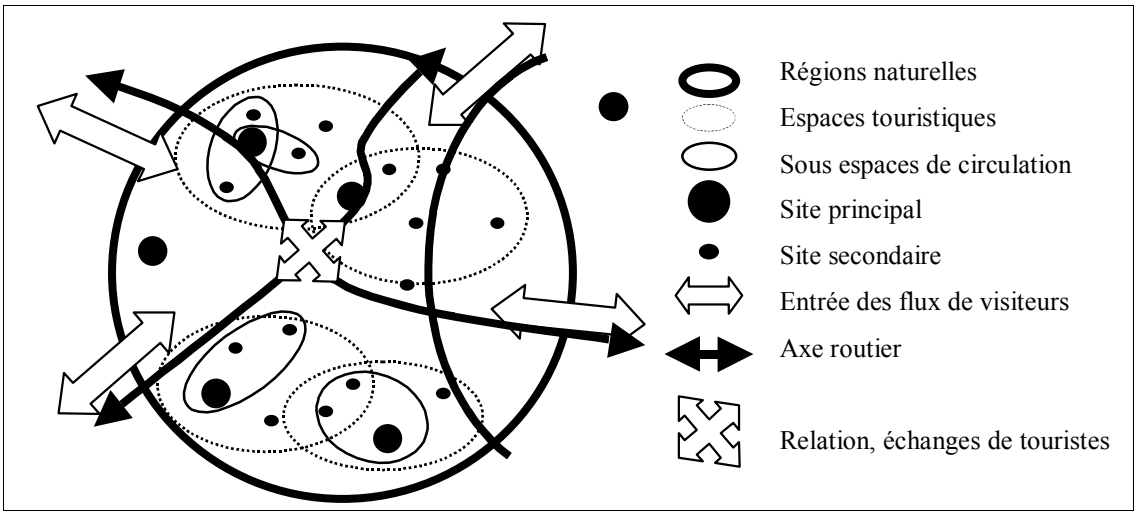


Figure 34 : Les niveaux d'organisation des espaces récréatifs

Cette décomposition des régions "naturelles" en plusieurs espaces de fréquentations, peut aussi être faite sur tout espace d'une certaine dimension. Nous avons vu que les déplacements dans une journée s'inscrivaient en moyenne dans un territoire de 30 à 40 kilomètres de diamètre. Ces formes de déplacement créent de nouveaux sous espaces de déplacements. Pour les Vosges, le cas est flagrant avec le sous espace "route des crêtes", le secteur du Ballon d'Alsace, la route des vins, tous ces espaces appartiennent aux Vosges et cependant, ils forment des espaces bien différenciés avec des pratiques récréatives bien différentes.

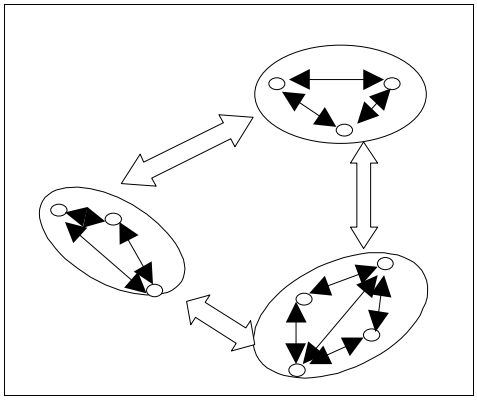


Figure 35 : Des sous espaces de circulation entre les sites

La structure interne du réseau possède une hiérarchie des lieux (sites) donnée par leur offre spatiale et leur notoriété. C'est parce qu'il existe des sites mieux équipés, plus connus, etc., que le réseau va apparaître hiérarchisé. Il va focaliser des flux sur des sites bien particuliers engendrant des concentrations qui vont à leur tour produire un espace polarisé.

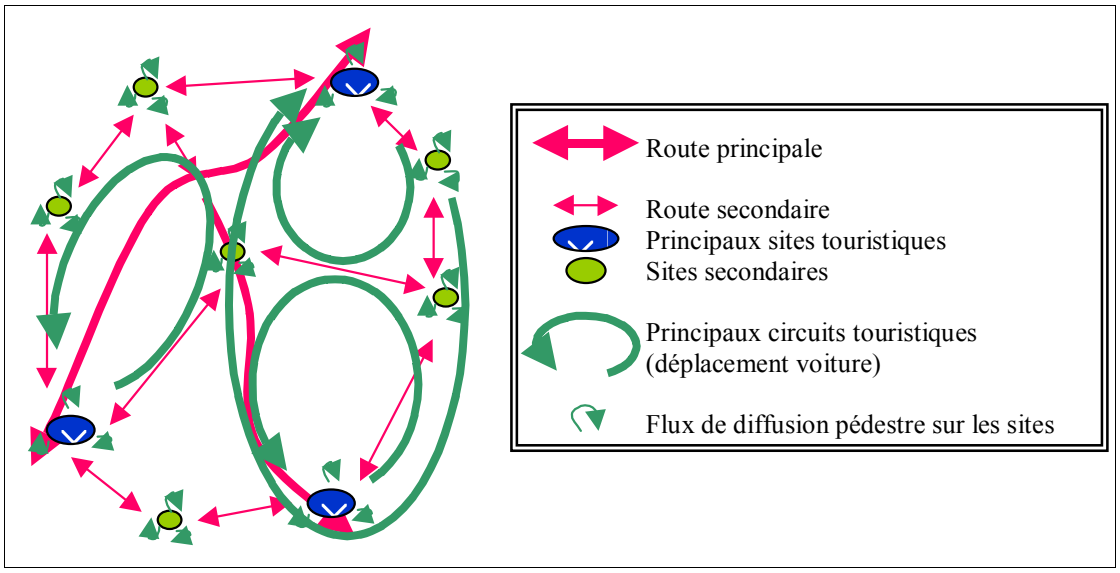


Figure 36 : organisation des déplacements sur un réseau d'accueil

La principale interaction entre le visiteur, le lieu et le réseau s'opère sur une mise en place d'une hiérarchie implicite des sites en fonction du niveau de connaissances et d'informations, des pratiques récréatives, de l'offre spatiale des sites et de la morphologie du réseau. Elle va se traduire sur le réseau en créant des circuits privilégiés. En fonction des attractions que les sites possèdent et des formes de circulation, la topologie du réseau va définir des pôles récréatifs plus ou moins attractifs (*Figure 32 : Morphologie des réseaux d'accueil*, page 172).

d). Un réseau normé par la distance

Si on considère que la topologie du réseau d'accueil est une variable explicative des formes de répartition des visiteurs sur un espace, il est indispensable de déterminer les grandeurs associées à cette topologie. Cette valuation passe obligatoirement par la définition du concept de distance et surtout la manière dont cette grandeur sera intégrée dans le modèle.

L'intégration de la variable distance dans les modèles d'interactions spatiales se fait au travers de la fonction d'accessibilité[234]. Ce concept est généralement utilisé pour déterminer soit la localisation d'un élément ou d'un événement sur l'espace, soit pour évaluer une position relative de ces derniers les uns par rapport aux autres à partir des attractions qu'ils engendrent.

[234] Huriot (J.M.), Perreur (J.), Derognat (I.), "Espace et distance", *in* Encyclopédie d'économie spatiale : concepts - comportements - organisations, sous le direction de J.P. Auray, A. Bailly, P.H. Derycke, J.M. Huriot, Economica, Paris, 1994, p. 35-46

Pour F. Durand-Dastes[235], les localisations, concept fondamental, possèdent deux aspects. Le premier est qualitatif, *"le phénomène A est observé dans le lieu Z et pas ailleurs*", le second est quantitatif, "*la quantité A est observée dans le lieu Z, plus qu'ailleurs*". Ces localisations assurent alors à l'espace, considéré comme un système, des propriétés de stabilité puisque "*A est maintenu en Z*". Les processus d'interactions spatiales, s'opérant entre les localisations, vont ouvrir sur une différenciation de l'espace.

La distance ne donne pas une information particulière, c'est son traitement et son utilisation dans des fonctions qui permettent de définir ce qu'elle représente. Elle peut être traduite par un temps de parcours, un coût de transport, une distance cognitive. De plus cette valeur dépend du référentiel géométrique, applique-t-on l'axiomatique euclidienne, de Manhattan ou rémanienne...

La distance est généralement associée à la notion d'accessibilité, elle-même liée à la notion de localisation d'un lieu sur un espace. Ces concepts n'ont un sens que si l'espace est défini ou plus précisément normé. En reprenant une phrase du mathématicien Poincaré "*localiser un objet, cela veut dire simplement se représenter les mouvements qu'il faudrait faire pour l'atteindre*", A. Bailly[236] détermine un espace "*à la fois comme une quantité, mesurée par des distances, son occupation en objets, hommes et activités, et un système de repérage, exprimé par un ensemble cohérent de mesures*".

La distance est une mesure plus ou moins relativisée[237] et nécessite pour cela de l'associer à un repère et à une échelle. Pour intégrer l'accessibilité dans un modèle de déplacement, il apparaît évident de se doter d'un espace quantifiable et mesurable dans la mesure où les déplacements peuvent être dépendants de la morphologie d'un réseau.

A partir des travaux réalisés au Laboratoire du CESA sur la simulation des réseaux de transport à partir de l'utilisation de la théorie des graphes, nous formaliserons les accessibilités simples de tous les sites récréatifs comme étant la distance minimale en temps de déplacements qu'il existe à chacun des points d'entrée sur le réseau. Cette distance minimale est donnée par le calcul des chemins minimaux. L'unité de la distance sera exprimée en temps de parcours nécessaire pour aller d'un lieu à un autre. De cette façon, il est possible d'associer, à la distance métrique qui sépare deux lieux, des modes de transports plus ou moins rapides et

---

[235] Durand-Dastes (F.), "*Systèmes et localisations : problèmes théoriques et formels*", Géopoint 84, Avignon, 1984, p 19-44.
[236] Bailly (A.), "*Les représentations de l'espace, une approche cognitive*", in Encyclopédie d'économie spatiale, pp 13-17, op. cit. p15.
[237] Nous renvoyons le lecteur sur les travaux de A. L'Hostis concernant les propriétés de la distance dans les réseaux de transport, L'Hostis (A.), " Images de synthèse pour l'aménagement... op.cit.

les infrastructures plus ou moins performantes en vitesse moyenne qui induisent des temps de trajets plus ou moins longs en fonction du type de la route[238] (autoroutes, voix expresses, route 70,50 km/h, ...).

Concernant les déplacements pédestres, nous introduirons le concept de distances relatives (calcul des cheminements potentiels sur l'espace naturel., page 243) qui incorpore le degré de pénibilité et de praticabilité des milieux naturels (pente et relief, type de couverture végétale) rendant un déplacement plus ou moins long en temps et non en distance.

C. Un déplacement bi-échelles

1). Deux déplacements complémentaires

Nous avons bien mis en évidence que la fréquentation des sites naturels est soumis à deux types de déplacement : le déplacement d'accessibilité en voiture et le déplacement pédestre de la promenade. Ces deux déplacements ont lieu sur deux échelles différentes. Ils sont de nature et de formes radicalement différentes. Le premier a pour finalité le transport, le second l'agrément. Mais ces deux types de déplacement sont complémentaires et nécessitent d'être traités simultanément pour modéliser un déplacement récréatif. En effet, le déplacement pédestre dépend du temps d'accessibilité au site et réciproquement puisqu'un trajet voiture trop long peut écourter une promenade, une promenade trop longue peut rendre impossible la visite d'un autre site.

2). Les binômes fonctionnels

Dans son travail sur l'offre de transport[239], L. Chapelon insiste sur le fait qu'en matière d'impact des transports sur le territoire on ne peut dissocier le réseau et le vecteur de circulation, ou plutôt le moyen de locomotion. Il définit pour cela le concept de binôme fonctionnel de transport : "*prendre en considération la dimension fonctionnelle des systèmes de transport nécessite d'associer à ces réseaux partiels, les véhicules qui les empruntent*".

Ce concept est doublement intéressant. Outre le fait qu'il ait été utilisé pour modéliser les connexions et ruptures de charge lors d'un déplacement (modèle de simulation NOD[240]), il

[238] Typologie des modes routes en fonction de leur vitesse moyenne et du type de circulation, Chapelon (L.), "*Offre de transport et aménagement du territoire...*, op cit. p. 187.
[239] *Ibid.* - p 160.
[240] Modèle développé au laboratoire du CESA par Ph. Mathis, A. L'hostis et L. Chapelon dont l'objectif est de

introduit la notion d'utilisation d'un système de transport et sa fonctionnalité qu'il est susceptible de posséder sur le territoire. En effet, à un type de transport donné, celui-ci aura des implications différentes en lui associant un type de véhicule à un réseau. Si nous décidons de l'appliquer aux déplacements récréatifs, cette notion de binôme permet de différencier des déplacements fondamentalement distincts dans leur finalité. "*La définition d'un système de transport, renvoie à une double dimension : infrastructurelle par l'intermédiaire des réseaux et fonctionnelle si l'on ajoute les moyens de transport qui les empruntent*"[241]. Si ce corollaire à la définition de transport est valable, il l'est aussi pour les déplacements liés aux loisirs.

On retrouve ainsi les deux types de déplacements qui structurent la fréquentation sur un territoire, définis précédemment. On va alors affiner théoriquement ce concept en y introduisant une notion de finalité au transport que n'avait pas introduit L. Chapelon. Cette finalité a pour conséquence d'ajouter au premier binôme un second lié à la notion de visite. Comme nous l'avons vu, le réseau est structuré et hiérarchisé et marque des points de rupture de charge aux connexions du réseau d'accueil. Le passage du déplacement voiture au déplacement pédestre se fait à un point précis de l'espace : le parking. Les deux types de binômes fonctionnels permettent de hiérarchiser les déplacements liés aux loisirs.

Nous ne parlons plus alors de transport mais de déplacement. En effet si on tient compte de la fonctionnalité du réseau et du type de véhicule utilisé, on peut alors distinguer deux grandes classes de binômes fonctionnels liées à nos deux formes de déplacements :

- Le "binôme fonctionnel infrastructurel" est un couple qui associe un type de véhicule donné à un réseau de transport : trains et réseaux ferrés, voitures et réseaux routiers, avions et couloir aériens ... Il possède une finalité purement de transport, c'est-à-dire de se rendre à un point donné, avec ce que ceci comporte : chemin le plus court, horaires, coûts...

- Le "binôme fonctionnel suprastructurel" associe un type de loisir à un réseau ou à un point qui permet de pratiquer une activité récréative particulière : sentiers et randonnées, pistes cyclables et VTT, parois et escalades, rivières et canoés, points panoramiques et observation des paysages, etc. La finalité du déplacement est la visite et l'agrément, et non le transport.

Le cas particulier d'un visiteur circulant sur une route touristique (route sur corniche ou de

simuler l'évaluation spatio-temporelle de projets visant à modifier l'offre de transport.

[241] Chapelon (L.), "*Offre de transport et aménagement du territoire*..., op cit. p. 160.

bord de mer) sera assimilé au "binôme fonctionnel infrastructurel" bien que le caractère d'agrément soit évident. Généralement ce type de déplacement correspond quand même à un déplacement qui a pour objectif de se rendre sur un lieu précis en ne minimisant pas le temps de parcours.

3). Modélisation de l'espace d'accueil par un graphe bi-échelles

Notre problème de représentation s'est heurté à deux conceptions radicalement différentes de concevoir la continuité de l'espace, soit de façon semi continue (méthode raster) soit de façon discrète (théorie des graphes). Nous n'avons pas retenu la méthode raster, c'est une juxtaposition de parties entières d'une portion de l'espace représentant une surface isotrope. Cette méthode de représentation est très efficace si les surfaces sont de petites tailles, mais elle se révèle alors grosse consommatrice de calculs. Si on décide de limiter la matrice associée, en augmentant par exemple la taille de l'unité élémentaire de surface par un multiplicateur supérieur à 1, la diminution du nombre de pixels est inversement proportionnelle au carré du multiplicateur. L'espace en devenant plus agrégé devient de plus en plus difficile à analyser car le pixel représente une unité élémentaire de plus en plus hétérogène alors que le modèle la considère isotrope.

Les caractéristiques de l'espace liées à une topologie impliquent des propriétés. Il est fini, il est normé et il est valué. L'espace est fini car il possède des limites et des frontières, les déplacements ont des valeurs finies. L'espace est normé car il possède des échelles de mesure spatio-temporelles dépendantes des unités de mesure des déplacements (échelle métrique des déplacements pédestres, échelle kilométrique pour les déplacements voiture). Il est enfin valué car les processus sont quantifiables et possèdent des valeurs données par des déplacements orientés qui ont des origines et des destinations.

a). Représentation de l'espace par un graphe

Nous allons définir notre espace récréatif sur lequel s'inscrit notre réseau d'accueil comme un graphe qui constitue la base de la modélisation de l'élément réseau. Selon C. Berge[242], un graphe est défini comme un ensemble de points reliés deux à deux par des flèches, appelés également sommets et arcs. Le concept de graphe se définit mathématiquement de la façon suivante :

[242] Berge (C.), "*Graphes*", Gauthier-Villars, Paris, 1983. p. 3.

un graphe G = (X, U) est le couple constitué :

par un ensemble X = { x_1, x_2, ..., x_n } de sommets,

par une famille U = {u_1, u_2, ..., u_n } d'éléments du produit cartésien X × X = { (x, y) / x ∈ X, y ∈ Y }, autrement dit les arcs.

Pour C. Berge, la position des sommets et la forme des arcs sur une figure n'importe pas, seule la manière dont sont reliés les sommets a une importance. Les travaux de Laboratoire du CESA en matière de modélisation des réseaux de transports ont bien montré que la spatialisation du graphe permettait d'obtenir une représentation de l'espace discrète et "*d'analyser la structure réticulaire qui va contraindre le fonctionnement des systèmes de transport*"[243]. L'utilisation de la dimension géographique de la théorie des graphes nous permet d'associer des coordonnées géographiques à chaque sommet et d'adapter ainsi les propriétés des graphes à un réseau. Tous les travaux réalisés au Laboratoire du CESA soulignent l'intérêt de la puissance représentative de la théorie des graphes pour analyser les processus associés aux réseaux. Cette spatialisation de la réalisation du graphe permet d'avoir une unique localisation des sommets pour un graphe donné dans la mesure où la relation entre sommets et liens est biunivoque et que les rapports de distances ou de métriques entre sommets et liens sont constants pour une même réalisation[244].

Un autre élément important pris en compte concerne l'orientation des arcs afin de différencier les sens de circulation. Cette remarque implique d'élaborer un multigraphe, défini comme un graphe non orienté qui, à deux sommets distincts, associe plus d'une arête. Le graphe va donc posséder un nombre total d'arêtes p qui relient différentes paires de sommets, on obtient alors un multigraphe d'ordre p appelé un p-graphe[245].

La notion des binômes fonctionnels et de la double échelle nécessitent de prendre en compte différents niveaux d'organisation du graphe. Le graphe que nous allons définir pour modéliser notre espace est un graphe qui doit intégrer plusieurs types de circulation, le déplacement voiture et le déplacement pédestre. Pour des questions techniques de capacités de calculs et de programmation, nous avons donc différencié le graphe global de l'espace récréatif en deux p-graphes bien distincts : le p-graphe route et le p-graphe sentier.

---

[243] Chapelon (L.), "*Offre de transport et aménagement du territoire...*, op. cit. p. 161.
[244] Mathis (Ph.), sous la direction de, "Graphes, utilisations et représentations", à paraître, ed. Hermes. 2001.
[245] Kaufmann (A.), "*Des points et des flèches : la théorie des graphes*", Dunod, Paris, 1968. p. 121.

Le p-graphe route est constitué par des sommets qui représentent les différents nœuds structurant un réseau routier (intersection, bourg, villes, et parkings). Le p-graphe sentier est construit par les nœuds "remarquables" qui structurent les sentiers sur des milieux naturels (parking, curiosités naturelles, croisées de chemins). Les sommets parkings vont avoir une importance particulière dans la modélisation du réseau récréatif en formant l'interface entre les deux p-graphes.

Nous avons opté pour cette séparation afin de tenir compte des spécificités de chacun des deux p-graphes, l'intérêt étant de construire un outil de représentation qui différencie les deux types de cheminements. Les unités de déplacement n'étant pas les mêmes, la différenciation des deux espaces de circulation s'est traduite par l'utilisation du concept du zoom nodal[246] afin de définir ce que l'on appellera le zoom inter nodal de cheminement pédestre.

b). Connexité du graphe et circulation

La circulation sur un graphe se fait parce que les arcs sont connexes. Ce concept est fondamental en analyse spatiale car de nombreuses applications demandent la prise en compte des chaînes d'arcs successifs dont l'objectif est d'analyser les chemins et leur longueur. "*Les concepts de connexité sont particulièrement intéressants, car ils permettent de traduire une idée de "cohésion" ou d'inter-relation entre les différents sommets d'un graphe*"[247].

Soit G un graphe G = (X, U), et soit C = { x_1, x_2, ..., x_n } une suite finie de sommets, on dit que C constitue un chemin (respectivement une chaîne) du graphe G si et seulement si pour tout $i \in \{0, 1, 2, 3..., n-1\}$, $(x_i, x_{i+1}) \in U$ (respectivement $(x_i, x_{i+1}) \in U$ ou $(x_{i+1}, x_i) \in U$) . Si les éléments de C sont distincts deux à deux, on dit que C est un chemin élémentaire, si $x_o = x_n$ alors le chemin est appelé circuit (dans le cas d'une chaîne, un cycle). On dit qu'un graphe est fortement connexe (respectivement connexe) si et seulement si pour tout $x \in X$ et pour tout $y \in X$, il existe un chemin (respectivement une chaîne) d'origine x et d'extrémité y.

"*L'un des intérêts majeurs de la théorie des graphes repose sur son aptitude à résoudre des problèmes d'optimisation*"[248], cette théorie est particulièrement efficace pour tous les processus de déplacements sur un réseau.

---

[246] Chapelon 1997 et L'Hostis 1997.
[247] Auray (J.P.), Mathis (P.), "*Analyse spatiale et théorie des graphes*", in Encyclopédie d'économie spatiale, sous la direction de Auray (J.P.), Bailly (A.), Derrycke (P.H.), Huriot (J.M.), pp 81-91, Economica, Paris, 1994. p. 83.
[248] *Ibid.* - p. 85.

A partir de ce concept de connexité, on peut déduire la longueur des chemins, et calculer différentes grandeurs liées aux circulations des déplacements sur un réseau, chemins les plus courts sur un graphe, accessibilités simples et généralisées des sommets dans un graphe.

Cette notion est importante pour les déplacements récréatifs et la gestion des espaces naturels. En effet si dans le cadre d'une politique d'aménagement du territoire, on désire protéger un espace naturel, on peut très bien à partir de l'analyse de la connexité d'un graphe rechercher les sommets à supprimer pour rendre le graphe moins connexe. On oriente les circulations sur des chemins prédéterminés. L'espace naturel à protéger se trouve ainsi écarté des axes de circulation. Cette politique peut aussi être accompagnée par la création de nouveaux sommets (Unités touristiques nouvelles ; UTN) et d'arcs (routes) qui permettent, en parallèle, la réorientation des circulations et l'ouverture d'espaces aménagés moins sensibles au délestage des flux de visiteurs sur les nouveaux sommets.

L'étude des cheminements sur un graphe est particulièrement intéressante pour un aménageur. Elle lui permet dans le cadre d'une action de protection des milieux naturels d'agir de façon incitative ce qui correspond à une mise en œuvre d'une démarche prospective et prescriptive. L'action n'est pas menée uniquement dans un esprit réglementaire considéré comme contraignante et jugée souvent coercitive par les populations locales.

c). Le zoom inter nodal et différenciation des espaces de déplacements pédestres

En changeant de niveau, on change la nature et les détails des informations. "*Remettre en cause un ordre de grandeur, dans le système géographique, c'est revoir à une autre lumière les phénomènes concernés*"[249]. Analyser un processus sous différentes échelles permet d'être non seulement plus complet dans les explications mais aussi de relier les différents niveaux d'organisation entre eux et d'identifier des interactions entre différents objets.

La méthode de "zoom nodal" a été élaborée au laboratoire du CESA par A. L'Hostis et L. Chapelon[250] pour modéliser les processus de connexion qui existaient entre différents modes de transports dont l'objectif est d'expliciter ce qui se déroulait dans les sommets du graphe :

---

[249] Ferras (R.), "Niveaux géographiques, échelles spatiales", *in* Encyclopédie de géographie, sous la dir. A. Bailly, R. Ferras et D. Pumain, Economica, Paris, 1992. p. 417.

[250] Concept élaboré lors du développement des modèles MAP et NOD, afin de prendre en compte les ruptures de charges intervenant sur les nœuds de connexions et qui a mis en évidence le "gouffre temporel" (L'Hostis (A.), op. cit. et Chapelon (L.), op. cit).

changements de direction, correspondances, changements de modes.

La théorie des graphes est peu explicite sur ce qui se passe à l'intérieur d'un sommet, et pourtant il est le lieu de processus fondamentaux s'opérant sur les graphes. Le sommet est une partie de l'espace où se déroule le processus de rupture de charge entre deux modes de déplacements.

Le zoom nodal permet d'insérer un graphe de niveau inférieur à l'intérieur d'un sommet du graphe, mais il ne peut être connecté à un autre graphe de niveau inférieur d'un sommet du graphe. Or, si les sommets du graphe sont reliés par des arcs qui définissent le réseau routier, ils sont aussi susceptibles d'être reliés par des sentiers. Ce qui veut dire que ce sous graphe ne peut être contenu strictement dans le nœud.

Le zoom inter nodal est une technique qui incorpore un graphe partiel, d'une échelle plus grande, afin de définir le réseau de cheminements pédestres existant sur l'espace naturel. Ce graphe inter nodal est connecté au nœud parking du graphe routier. Ce nœud parking forme ainsi une interface d'échange de flux de visiteurs entre les deux graphes, qui modélisent, pour le premier, un binôme fonctionnel infrastructurel (Route/voiture) et, pour le second, un binôme fonctionnel suprastructurel (Sentier/promenade).

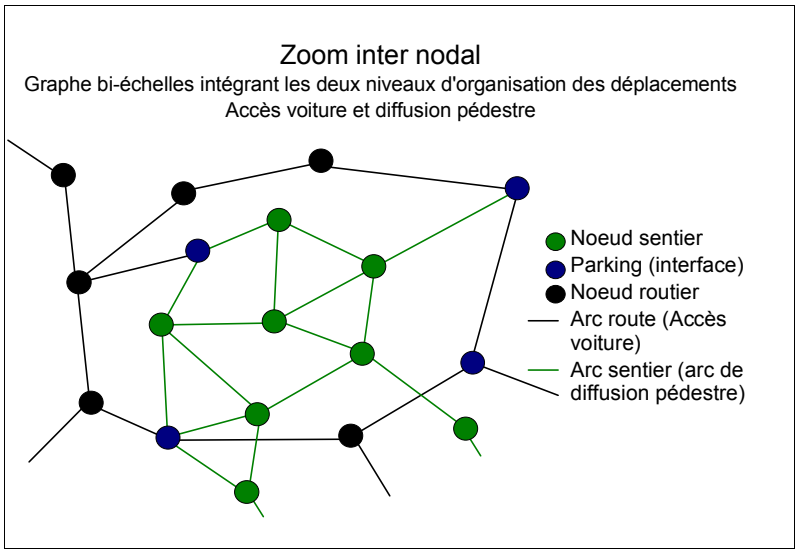


Figure 37 : Zoom inter nodal

Ce graphe bi-échelles (*Figure 37*) est susceptible de transformer la topologie du graphe en jouant sur les propriétés de la connexité du graphe. En effet supposons que deux parkings soient suffisamment éloignés sur le graphe routier pour considérer qu'ils appartiennent à deux

espaces de circulation bien distincts, c'est-à-dire que ces deux sommets ne sont pas connexes sur un sous graphe de circulation, par exemple deux nœuds dans deux vallées séparées par un massif.

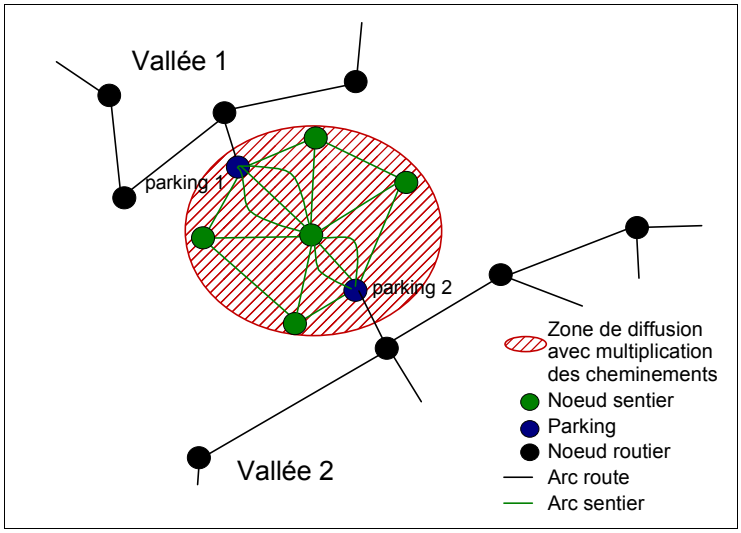


Figure 38 : Transformation de la topologie du réseau par le zoom inter nodal

Comme le montre la *Figure 38*, le parking 1 de la vallée 1 est inaccessible en voiture de la vallée 2. Les deux parkings ne peuvent pas faire partie du même sous espace de circulation (ou circuit touristique) car le déplacement voiture entre les deux parkings serait trop long, alors qu'ils desservent les mêmes espaces naturels. Le zoom inter nodal permet de prendre en compte des caractéristiques spécifiques du réseau qui augmentent considérablement dans ce cas la pression sur les espaces naturels. Rappelons que cette topologie est très courante sur les milieux naturels (massif montagneux, gorges, ..).

Nous avons vu précédemment que les cheminements pédestres s'effectuaient soit en boucle soit en aller et retour et supposaient que les visiteurs (des contemplatifs) revenaient à leur point de départ pour reprendre leur voiture. Or cette topologie permet de prendre en compte un type de visite particulière qui consiste à se rendre sur un parking par un moyen de transport collectif (bus ou autre) de s'y faire déposer et de se faire reprendre ailleurs lorsque la randonnée est finie. Cette caractéristique permet à des randonneurs de ne pas revenir sur leur pas et de découvrir un plus grand nombre de paysages.

Si les deux nœuds sont suffisamment proches, c'est-à-dire qu'ils se trouvent distants de moins de 2000 mètres (deux fois un rayon de diffusion de 1000 mètres), ils sont susceptibles de jouer un rôle attractif non négligeable pour des pratiques de type contemplatifs et peuvent ainsi

provoquer des impacts de cheminements (érosion causée par une sur-fréquentation) entre deux points d'émissions de flux sur le réseau de sentiers.

4). Le problème de la modélisation de l'espace par un graphe

L'un des objectifs de la théorie des graphes est de résoudre un certain nombre de problèmes : connexité du graphe, liaisons entre sommet, chemins les plus courts. Les applications spatiales de la théorie des graphes portent essentiellement sur l'étude des arcs. On considère l'espace discret où le sommet ne représente qu'une extrémité de l'arc. On s'aperçoit ainsi que l'objet central de l'étude des graphes est l'arc. Le sommet se définit en fonction des caractéristiques des arcs, c'est-à-dire que les caractéristiques du sommet sont induites par les arcs qui les relient entre eux.

N'oublions pas que la théorie des graphes a été mise au point pour résoudre des problèmes combinatoires, à partir d'algorithmes, et que son objectif est d'analyser les liaisons entre des objets. Or dès que l'on aborde des problèmes de représentation spatiale, le sommet représente plus qu'un simple point, il est une forme agrégée de l'espace. Et cette agrégation de l'espace ne dépend pas uniquement des relations avec les sommets du graphe, elle intègre des données indépendantes des liaisons qui existent avec les autres sommets du graphe. La première caractéristique de cette indépendance est la localisation géographique du nœud.

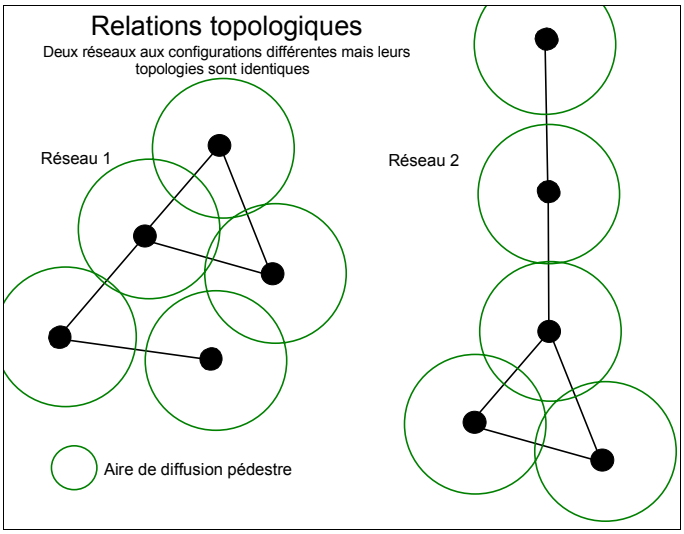


Figure 39 : Topologie[251]

La théorie considère que ces deux réalisations de graphes (*Figure 39*) sont identiques, leurs

matrices étant elles aussi identiques. Mais en analyse spatiale, ces deux graphes ne représentent pas les mêmes espaces. En matière de fréquentation sur les milieux naturels, les deux réseaux soumis à des pressions anthropiques ne connaîtront pas les mêmes diffusions (taux de pénétration dans les milieux naturels). Même si la surface couverte par les aires de diffusion est la même, les cheminements seront différents et induiront des impacts qui peuvent changer de nature comme par exemple une multiplication des cheminements pour l'espace réseau 1 et une intensification sur des sentiers le long d'un linéaire qui passe par tous les sites de l'espace réseau 2.

Section 2. Formalisation des interactions entre les trois éléments

Le modèle FRED se décompose en deux modules, un module de calcul de probabilités de répartition sur le p-graphe route, et un module de calcul des cheminements pédestres sur le p-graphe sentier. Dans cette section nous n'aborderons que la formulation analytique de la répartition des visiteurs sur le p-graphe route. Le second module sera développé dans la troisième partie. On ne s'intéresse dans cette section qu'aux formes de répartitions des trois types de visiteur (contemplatifs, promeneurs et randonneurs) sur le p-graphe route.

L'objectif de la formalisation analytique précédant le travail de programmation est de modéliser un système de déplacement géré par des interactions entre l'espace (le réseau), le lieu et la demande du visiteur induite par des perceptions spatiales engendrées par la motivation d'exercer des pratiques récréatives. Les probabilités de répartition se calculent pour chaque type de visiteur.

Le calcul des probabilités des répartitions est tiré d'une application du modèle de D. Huff[252] (1962).

$$P_{ij} = \frac{S_j / T_{ij}^{\lambda}}{\sum_{j=1}^{n} (S_j / T_{ij}^{\lambda})}$$

[251] D'après Pumain (D.), Saint Julien (T.), "*Analyse spatiale : 1 localisations dans l'espace*", Armand Colin, 1997. p. 29.
[252] Applications développées par Ph. Mathis lors du développement analytique des attractions absolue (Huff (J.L.), "*Détermination of intra-urban retail trade areas*", Los Angeles, University of California, Real Estate Research Program, 1962).

P_{ij} est la probabilité qu'un client habitant *i* aille au marché *j*, S_j est la dimension en m^2 du marché ou du rayon considéré, T_{ij} le temps de déplacement pour aller de la résidence *i* au supermarché *j*, λ le paramètre empirique d'attraction relative des différents rayons, *n* le nombre d'hypermarchés.

Ce modèle prend en compte une offre spatialisée en fonction des comportements d'achats des consommateurs. Le modèle propose une délimitation des aires d'influence commerciale qui repose sur les préférences probables des clients de trois hypermarchés.

Nous nous proposons d'adapter le modèle de Huff à notre problématique de déplacement touristique. Dans le calcul de *Pij*, , l'attractivité du supermarché *j* dépend plus de l'accessibilité T_{ij} que de la qualité de service S_j puisque le paramètre empirique d'attractivité λ s'applique au temps de déplacement.

Or, pour les déplacements touristiques, bien que l'accessibilité joue un rôle important en limitant par défaut la répartition des flux sur un territoire touristique, elle ne représente pas l'unique variable dans le choix de localisation des touristes. On ne choisit pas forcément le site le plus proche et le choix du lieu se fait souvent en fonction d'un seuil limite du temps d'accès (à moins d'une heure ou d'une demie heure,...).

L'utilisation du modèle de Huff se fera en adaptant le rapport S_j / T_{ij}^{λ} à notre problématique en réduisant l'importance de l'accessibilité. Dans un premier temps, nous déterminons l'attractivité d'un site touristique, c'est-à-dire l'attractivité d'un parking qui offre un espace de diffusion pédestre - les aires de diffusion – plus ou moins attractif.

Cette attractivité dépend de la valeur naturelle de l'espace (nombre de curiosités naturelles), de son niveau d'aménagement et de sa localisation par rapport aux autres sites dans le réseau.

A. Evaluation de "l'offre spatiale naturelle"

1). Principe

Les visiteurs possèdent des perceptions qui leur sont propres pour cela nous allons tenir compte des trois facteurs observés qui font qu'un site naturel est plus ou moins fréquenté : l'accessibilité des curiosités naturelles au lieu de stationnement, la sécurité du site et sa préservation (cf. La masse, une offre spatiale absolue, page 169). Ces trois notions sont traduites par des grandeurs quantifiables sur l'espace du site :

- La sécurité comme une somme agrégée de plusieurs fonctionnalités du site définissant le niveau d'équipement du site (sentiers balisés, services et commerces sur le sites...) et la notoriété du site naturel (nombre de citations dans des guides par exemple),

- La préservation comme le nombre de curiosités naturelles,

- L'accessibilité, comme la distance des curiosités naturelles aux parkings, donnée par les aires de diffusion radioconcentriques.

2). Formalisation

Cette formalisation vise à définir la masse d'un site en fonction de ses composants naturels et de son niveau d'équipement et d'aménagement. Il s'agit ici d'intégrer l'échelle de déplacement métrique qui correspond aux déplacements pédestres. Cette opération consiste à prendre en compte la capacité du parking, ouvert sur un espace naturel, à offrir des activités de loisirs pour chaque type de visiteur.

Cette offre est définie par deux variables explicatives : le nombre de curiosités naturelles (lacs, cols, sommets, points panoramiques, éperons rocheux ...) existant dans les différentes aires de diffusion radioconcentrique et le niveau d'équipement du site[253]. Le développement de cette évaluation sera plus explicitée dans la partie de la construction du modèle (*premier chapitre de la troisième partie*), car elle est délicate et souvent dépendante de caractéristiques locales qu'il est nécessaire de bien identifier[254].

L'offre spatiale naturelle est relativisée en fonction du type de consommateur. En effet, on reprend ici l'hypothèse selon laquelle un espace naturel ne sera pas perçu et vécu nécessairement de la même façon par les trois types de visiteur : contemplatifs, promeneurs et randonneurs. Nous avons donc supposé que les curiosités naturelles pouvaient prendre une valeur différente en fonction de leur appartenance aux aires de diffusion pédestre définies précédemment.

---

[253] Le niveau d'équipement représente une valeur agrégée de plusieurs indices qui prend en compte les services existant sur le site : présence de sentiers balisés, une inscription dans un guide traduisant ainsi sa notoriété, présence de commerces, d'activités sportives ou de découvertes du milieu naturel... Nous tenons à faire remarquer que nous n'intégrons pas la capacité de charge du parking. Il nous a semblé qu'en tenir compte dans les calculs, c'était présupposer une valeur limitant par défaut. Les calculs avec saturation seront pris en compte dans un développement ultérieurement du modèle.

[254] Ces caractéristiques locales dans un grand nombre de cas ne peuvent être déterminées qu'à travers une étude de terrain ou d'une bonne connaissance de l'espace.

Pour chaque type de visiteur, on calcule une valeur spécifique de "l'offre spatiale naturelle". On va donc supposer que les visiteurs contemplatifs *(Vn_{icont})* vont être plus sensibles à la distance d'éloignement des curiosités naturelles du parking et à la présence de services sur le site car ils ont plus tendance à se diffuser dans les aires de 500 et 1000 mètres. Les visiteurs promeneurs *(Vn_{iprom})* ne vont pas minimiser l'éloignement puisqu'ils ont tendance à fréquenter toutes les aires de diffusion. Les visiteurs randonneurs *(Vn_{irand}),* quant à eux, ont tendance à s'éloigner des parkings et de ne pas tenir compte des services offerts sur le site, le site ne représente qu'un lieu de stationnement, un point de départ.

Pour chaque parking *i* ($i \in N$, N = nombre de parkings), on calcule, pour chaque type de consommateur (cont, prom, rand), la valeur relative de l'offre d'activités (Vn_{icont} , Vn_{iprom} , Vn_{irand}) qui dépend du nombre de curiosités naturelles dans les différentes aires de diffusion (Nn_{i500}, Nn_{i1000}, Nn_{i3000}) et du niveau d'aménagement ou d'équipement Na_i du nœud i.

$$Vn_{iCont} = Na_i \times \left[(Nn_{i500} / 0.5) + (Nn_{i1000} / 1) + (Nn_{i3000} / 3) \right]$$

$$Vn_{iprom} = Na_i \times \left[Nn_{i500} + Nn_{i1000} + Nn_{i3000} \right]$$

$$Vn_{iRand} = Nn_{i500} + Nn_{i1000} + Nn_{i3000}$$

Pour chaque type de visiteur , on pondère V_{ni} par une élasticité α pour obtenir l'offre spatiale naturelle relative O_i..

$$O_i = Vn_i^{\alpha}$$

On obtient l'offre spatiale relative du site, c'est-à-dire l'offre spatiale du site qui correspond aux pratiques respectives des trois populations de visiteurs :

$$O_{icont} = Vn_{icont}^{\alpha} \qquad O_{iprom} = Vn_{prom}^{\alpha} \qquad O_{irand} = Vn_{irand}^{\alpha}$$

La pondération par l'exposant α nous permettra, suite à des calculs d'ajustement, d'évaluer le poids de l'offre spatiale dans l'attractivité d'un site. En effet, si α est compris entre 0 et 1 on

pourra dire que les variations de l'offre spatiale entre les différents sites sont minimisées, ou bien amplifiées dans le cas d'une valeur de α supérieure à 1.

On pourra ainsi discuter du rôle de l'offre spatiale des sites sur les répartitions des visiteurs sur un réseau d'accueil par rapport au poids des accessibilités et des attractions. Les différents calculs (sur l'accessibilité et les attractions que nous verrons ultérieurement) permettront de comparer des espaces touristiques entre eux et d'évaluer ainsi le poids des principaux facteurs de déplacement que sont, l'accessibilité, les offres spatiales et les attractions des sites afin de déterminer les formes d'attractivités des sites d'un espace d'accueil dit touristique.

B. Evaluation des attractions

1). Principe

Il s'agit ici de considérer qu'il est possible que le visiteur fasse plusieurs arrêts et qu'il va tenir compte de l'existence dans le voisinage d'un certain nombre de sites suceptibles d'être visités. Finalement on considère que le circuit n'est pas fixé et qu'il peut évoluer au cours du déplacement. On reprend ici l'hypothèse selon laquelle l'espace joue le rôle d'un capteur et d'un catalyseur du changement entre le nombre de sites réellement visités et le nombre de sites prévus d'être visités au départ du déplacement.

On ne connaît pas le circuit mais on suppose qu'il en existe un. Ainsi, le visiteur va essayer d'optimiser le nombre de sites à proximité du premier site visité.

Le parcours d'un circuit de visites restant une forme courante de pratique récréative, on suppose qu'un site isolé ou enclavé est moins attractif. Il nous a alors semblé qu'il était indispensable de considérer le voisinage des sites (somme des attractions absolues en caque point), vecteur d'une certaine attractivité. La structure globale d'attraction[255] du réseau va donc avoir une importance fondamentale et offre alors des choix alternatifs en fonction de la proximité de sites voisins en augmentant le nombre de sites potentiels à visiter, c'est-à-dire l'exécution d'un circuit et cela d'autant plus que, si les sites sont relativement proches les uns des autres, ils se localisent mutuellement dans leurs zones d'indifférences.

On suppose que l'ensemble des sites attribuent, à un site donné, une valeur ajoutée (l'ensemble des attractions ressenties) qu'il intègre dans son attractivité. Par conséquent, au lieu de calculer

l'influence du site, on calcule les attractions des masses voisines, la relation ainsi obtenue s'apparente à la formulation d'un potentiel (du type $P=k\ E/dij$).

Nous tenons à faire remarquer que *k* est une constante que nous n'intégrons pas dans le modèle pour deux raisons. La première est simple, cette constante va s'annuler mathématiquement par simplification lors des calculs de probabilités. La seconde dépend du caractère même de ce que représente cette constante dans la théorie de la gravitation. Elle correspond à une constante de gravitation, c'est-à-dire à une constante qui s'applique à toute masse appartenant à un même référentiel (à un même système), elle peut s'apparenter à l'attractivité générale du réseau d'accueil. Or, nous calculons des attractions de masse dans un même espace d'accueil, donc cette valeur est constante partout où l'on se place sur le réseau.

Dans le cas d'un calcul d'une attraction de deux sites, n'appartenant pas à un même espace, nous avons deux constantes différentes car le référentiel n'est plus le même. Prenons l'exemple d'un belfortain qui hésite entre un site des Vosges et un site sur la zone nord du Jura, entre alors en jeu l'attractivité de l'espace naturel d'accueil, les constantes k sont donc différenciées, et pour calculer les attractions entre les deux sites, il sera alors nécessaire de le faire en tenant compte du *k* de l'attractivité des deux espaces régionaux.

Le présent modèle que nous construisons ne prendra pas en compte l'attractivité des espaces d'accueil voisins, nous présupposons que les visiteurs se déplacent dans un réseau d'accueil qui s'inscrit sur un espace récréatif "homogène". La prise en compte des interactions des espaces d'accueil voisins pourra faire l'objet d'un développement futur du modèle, en introduisant des calculs préliminaires dans la première "boite noire".

On pourrait attribuer un *k* en fonction de l'appartenance des sites à des sous espaces de circulation existant sur un réseau d'accueil comme c'est le cas sur les Hautes Vosges (routes des crêtes, secteur du Ballon d'Alsace...). Nous sommes conscients que des sous espaces de déplacements sont susceptibles d'avoir un effet multiplicateur sur l'attractivité d'un ensemble de sites particuliers appartenant à un réseau d'accueil. Mais nous préférons considérer dans un premier temps que le *k* est constant sur tout le réseau d'accueil et que l'attractivité des sites voisins est d'abord une fonction des attractions des sites voisins. Cette réduction constitue évidemment une limite au modèle que nous développerons plus précisément ultérieurement.

On va donc adapter le modèle des attractions absolues de Ph. Mathis, pour que soient prises

[255] Mathis (Ph.), "*Economie urbaine et théorie des systèmes*... op. cit.

en compte les influences des masses des sites voisins. La formulation des attractions absolues calcule l'influence d'un site sur ces voisins. Nous calculerons donc le potentiel d'attractivité d'un site pour les trois types de populations de visiteurs par une fonction qui intègre l'offre spatiale du site et les attractions absolues des sites voisins .

On va donc considérer que les sites, appartenant au voisinage d'un site dont on évalue l'attractivité, ont une influence sur ce dernier, et qu'il existe une distance limite à ce voisinage en supposant un seuil au delà duquel les individus estiment que les sites voisins sont trop éloignés pour être intégrés dans un circuit. L'influence des sites du voisinage entrant dans l'attractivité d'un site est intégrée si et seulement si le temps de déplacement voiture entre le site et chacun des sites voisins est inférieur à un $t_{max\ attraction}$.

2). Formalisation

Pour chaque type de visiteur, on calcule, pour chaque parking *i*, la somme des attractions absolues $AA_{(i,j)}$ de chaque site *j* voisin de *i*, tel que $j=\{j \in N\ ;\ t_{ij} \leq t_{max\ attraction}\}$, $t_{max\ attraction}$ étant la valeur maximale de déplacement autorisée entre deux sites, pondérée par une élasticité β.

$$AA_{(i,j)} = O_j / t_{ij}^{\beta}$$

pour tout $j \in N$ *(N étant le nombre de parkings) et* $t_{ij} \neq 0$*, si* $i=j$ *alors* $t_{ij} = 1$

On obtient ainsi l'influence des sites *j* voisins de *i*. Cette formule est transposée pour les trois types de populations : randonneurs, promeneurs et randonneurs.

$$AA_{cont(i,j)} = O_{jcont} / t_{ij}^{\beta}\ ;\ AA_{prom(i,j)} = O_{jprom} / t_{ij}^{\beta}\ ;\ AA_{rand(i,j)} = O_{jrand} / t_{ij}^{\beta}$$

Le $t_{max\ attraction}$ simule une valeur limitant par défaut le déplacement entre deux sites afin que les calculs puissent simuler des seuils de déplacements, quant à l'élasticité β, elle nous permettra d'évaluer l'importance du poids de la variable "temps de déplacement" dans les répartitions des visiteurs sur les sites. Cette hypothèse nous permettra de discuter de l'importance d'une valeur limite et de voir si elle représente un indicateur spatial gérant les circuits touristiques sur un réseau d'accueil pour chacun des trois types de visiteurs.

Le *potentiel attractif* du site *i* (*Iti*) est donné par la somme des attractions absolues des sites *j*

voisins de *i*. Ce calcul nous permet d'attribuer au site *i* un potentiel attractif qui bénéficie des attractions absolues des sites voisins.

$$It_i = \sum_{j=1}^{N} (AA_{(i,j)}) \text{ pour tout } j \text{ si } t_{ij} \leq t_{max\ attraction}.$$

En sommant les attractions absolues des sites voisins, on obtient *Iti* qui est l'influence de tous les sites *j* voisins du site *i* et va lui attribuer une valeur qui sera bien sûr différente pour chacun des types de visiteur ; promeneurs, contemplatifs et randonneurs.

L'attractivité potentielle relative (A_i) de chaque site *i* est donnée par le produit de l'offre spatiale de *i* (*Oi*), et la somme des attractions absolues (ou bien potentiel attractifs *Iti*) produites par les sites *j* voisins du parking *i* dont la formulation générale est :

$A_i = It_i \times O_i$ avec *Oi* : l'offre spatiale du site *i* ; *Iti* : la somme des attractions absolues (ou potentiel attractif) des sites *j* voisins de *i* ; *Ai* ; l'attractivité potentielle relative de *i*.

Pour la population de contemplatifs le site *i* possédera un potentiel attractif A_i défini par $A_{icont} = It_{icont} \times O_{icont}$, pour celle des promeneurs $A_{iprom} = It_{iprom} \times O_{iprom}$ et pour celle des randonneurs $A_{irand} = It_{irand} \times O_{irand}$

Le modèle va donc définir une attractivité différenciée pour tous les sites, c'est-à-dire que chaque site a trois valeurs attractives correspondant respectivement aux trois types de visiteurs.

Nous ne calculons pas une attractivité généralisée, car une agrégation des types de visiteurs risquerait de nous faire perdre des informations sur les formes de diffusion spatiale. Tous les calculs du modèle tiendront toujours compte de cette différenciation, si ce n'était pas le cas, on obtiendrait un modèle seulement d'interactions spatiales qui n'intégrerait pas les comportements spatialisés des visiteurs lors de leurs pratiques récréatives de diffusion spatiale.

C. Calcul des probabilités

1). Principe

Dès que toutes les attractivités sont calculées, peuvent alors être calculées les probabilités de répartition des visiteurs sur le graphe. On calcule des probabilités de répartition pour chaque groupe de visiteurs en tenant compte de l'accessibilité routière des parkings ouvrant sur des espaces naturels. En sachant que la mobilité des visiteurs passe par l'utilisation de la voiture, l'accessibilité est intégrée sous la forme d'une distance temps (temps d'accessibilité) correspondant aux trajets origines - destinations[256] des points d'entrée aux différents sites. Pour chacun des sites et pour chacun des types de visiteurs, on va calculer une probabilité de répartition, au départ de chacune des "villes portes" en fonction de l'attractivité du site rapportée à son accessibilité.

Il est alors important de savoir si les sites sont ou ne sont pas trop éloignés des nœuds d'entrée émetteurs des flux de visiteurs pour être visités. Nous avons donc supposé qu'il existait une valeur seuil, $T_{max\ accessibilité}$, au delà de laquelle un site trop éloigné d'une "ville porte" avait une probabilité de fixation nulle au départ de celle ci. Cette condition reprend une hypothèse d'un comportement d'automobiliste qui borne son temps de déplacement voiture : "à moins de...".

2). Formalisation

La probabilité P_{ie} de fixation des flux de chacun des types de visiteurs, au départ d'un point d'entrée (ou" ville porte") e sur un parking i, tel que $i=\{i \in N\ ;\ T_{ie} \leq T_{max\ accessibilité}\}$ se calcule sous contrainte d'une accessibilité pondérée par une élasticité γ et de l'attractivité du parking i, $T_{max\ accessibilité}$ étant la distance maximum d'accessibilité définie par l'opérateur. Comme pour la distance maximale d'attraction, son rôle sera de calculer et de déterminer des distances limites de déplacements. La formulation générale est :

[256] Les trajets origine – destination sont obtenus à partir d'un calcul d'optimisation des chemins minimaux (l'algorithme de Floyd).

$$P_{ie} = \frac{A_i / T_{ie}^{\gamma}}{\sum_{i=1}^{N} (A_i / T_{ie}^{\gamma})} \qquad P_i = \left(\sum_{e=1}^{E} (Me \cdot P_{ie}) \right) \times \left(\sum_{e=1}^{E} (Me) \right)^{-1}$$

Pour tout $i \in N$, $T_{ie} \neq 0$. *Tie* est la distance temps d'accessibilité en voiture entre le point d'entrée *e* et le site *i* ; *Ai* est l'attractivité potentielle relative de *i* ; *E* est le nombre de points d'entrée (ou "villes portes") *e* ; *Me* est le poids des flux entrants par *e* ; *Pie* la probabilité de fixation des visiteurs sur *i*.

Pour chaque site, on obtient une probabilité de répartition que l'on pondère en fonction de la proportion en pourcentage de chacun des types de visiteur. La somme des probabilités est ramenée à 1 afin d'obtenir la probabilité de répartition P_i pour chacun des parkings.

Le modèle calcule des probabilités de fixation sur tous les sites et pour tous les groupes. L'attractivité de chaque site pour une pratique donnée étant différente, on obtient alors des probabilités de répartition différentes pour chaque groupe de visiteurs. La probabilité de fixation sur un site est obtenue après sommation des probabilités de chaque groupe.

En définitive on obtient une probabilité de fixation sur un site pour chaque type de visiteurs au départ de chaque "ville porte" ou "point d'entrée" ou bien encore "porte d'entrée" du réseau d'accueil. En résumé, nous considérons qu'un site possède une offre relative d'activités qui lui est donnée par sa structure interne (nombre de curiosités naturelles, niveau d'aménagement) et qui sera plus ou moins attractive selon sa localisation relative dans le réseau.

Nous tenons à faire remarquer que les masses de visiteurs entrant par les points d'entrée du réseau sont données par des quantités qui représentent des proportions. Elles dépendent de la répartition des flux entrant sur le réseau. On peut choisir soit le poids de la population des habitants d'une ville soit le poids des trafics routiers sur les portes d'entrée du réseau. Tout dépend des informations que nous possédons sur l'espace.

Un autre élément important doit être ici mentionné. Nous ne différencions pas les types de visiteurs pour chaque point d'entrée *e* sur le réseau d'accueil. En d'autres termes, la proportion des trois groupes de visiteurs est pour tous les points d'entrée la même. En effet il nous est

impossible[257], dans l'état actuel des connaissances sur les déplacements récréatifs, de définir la part des types de visiteurs entrant sur le réseau.

Conclusion

Comme nous l'avions mentionné en introduction, la formalisation analytique ne concerne que le premier déplacement qui s'opère en voiture et qui répond à des processus d'interactions spatiales s'opérant sur un réseau. Nous les avons modélisés par un modèle de type gravitaire qui attribue des probabilités de fixation de visiteurs sur chacun des sites ouvrant sur des espaces naturels et appartenant au graphe. Cette distribution se fait en fonction de l'offre spatiale naturelle, de l'attraction du voisinage et de l'accessibilité des sites à des points d'entrée du graphe.

Le modèle n'est pas seulement construit pour localiser et reproduire les fréquentations sur des espaces naturels. Il est construit pour répondre à une question que nous nous posons dès le début et qui est le fondement de notre recherche : l'attractivité d'un site est-elle liée à son accessibilité, à son voisinage, ou à son offre spatiale naturelle ? Tout le développement théorique du modèle général est orienté vers cette question.

Pour cela, reprenons le développement analytique que nous avons résumé dans le tableau ci-dessous :

Calcul 1 *Pour chaque parking i, on calcule, pour chaque type de consommateur, la valeur relative de l'offre d'activités qui dépend du nombre de curiosités naturelles dans les différentes aires de diffusion et du niveau d'aménagement ou d'équipement du nœud i.*	$Vn_{iCont} = Na_i \times [(Nn_{i500}/0.5)+(Nn_{i1000}/1)+(Nn_{i3000}/3$ $Vn_{iprom} = Na_i \times [Nn_{i500} + Nn_{i1000} + Nn_{i3000}]$ $Vn_{iRand} = Nn_{i500} + Nn_{i1000} + Nn_{i3000}$
Calcul 2 *Pour chaque type de visiteur, on pondère l'offre spatiale par une élasticité α pour obtenir l'offre spatiale naturelle relative.*	$O_i = Vn_i^{\alpha}$
Calcul 3 *On calcule, pour chaque type de visiteur, la somme des attractions absolues des sites j voisins de i d'une distance d'attraction pondérée par une élasticité β.*	$AA_{(i,j)} = O_j / T_{ij}^{\beta} \quad It_i = \sum_{j=1}^{N} (AA_{(i,j)})$

[257] Les études et les connaissances sont insuffisantes pour émettre des hypothèses sur des pratiques récréatives spatiales en fonction d'une localisation de la zone résidentielle.

Calcul 4 *L'attractivité du parking i est donnée par le produit de l'offre spatiale et la somme des attractions absolues des sites j voisins de i.*	$A_i = It_i \times O_i$
Calcul 5 *La probabilité de fixation des flux, pour chaque type de visiteur, au départ d'un point d'entrée (ou" ville porte") e sur un parking i, se calcule sous contrainte d'une accessibilité pondérée par une élasticité γ et de l'attractivité du parking i.*	$P_{ie} = \frac{A_i / T_{ie}^{\gamma}}{\sum_{i=1}^{N} (A_i / T_{ie}^{\gamma})}$
Calcul 6 *La somme des probabilités est ramenée à 1 afin d'obtenir la probabilité de répartition pour chacun des parkings.*	$P_i = \left(\sum_{e=1}^{E} (Me \cdot P_{ie}) \right) \times \left(\sum_{e=1}^{E} (Me) \right)^{-1}$

Tableau 28 : Récapitulatif du développement analytique.

Les **calculs 1** et **2** vont donner des informations sur l'importance de la contrainte de l'offre spatiale des sites dans les répartitions. Les résultats obtenus sur la valeur de α fournissent alors une idée de la valeur du poids du site et le pourcentage des proportions des visiteurs indiqueront les aires de diffusion potentielles et les pressions anthropiques sur les milieux naturels associés aux parkings. Les **calcul**s **3** et **4** vont nous permettre d'identifier l'attraction entre les sites, c'est-à-dire de connaître le poids de l'influence des sites voisins qui entre dans l'attraction d'un site. Le **calcul 5** nous donnera le poids des distances d'accessibilités des sites au point d'entrée donc le temps maximum ou minimum de déplacement et nous informera sur l'existence de seuils d'accessibilité.

CONCLUSION

Dans la première partie, nous avons mis en évidence trois éléments qui interagissaient entre eux. Dans cette présente partie, nous avons défini les relations qui liaient le visiteur, le lieu et le réseau et modélisé ces relations au travers un modèle général d'interactions spatiales.

Il ne fait aucun doute que les déplacements récréatifs sont gérés par des distances et des masses en fonction des comportements des pratiques récréatives des visiteurs. Le travail de modélisation a pour objectif de définir les poids des variables attribuées aux contraintes de déplacements lors des répartitions des visiteurs sur des espaces naturels.

Les hypothèses des déplacements récréatifs soumis à des comportements de pratiques récréatives organisées et structurées autour d'un espace réseau ouvrent sur un modèle général analytique. L'objet de la formalisation analytique est de rendre compte théoriquement des processus ayant cours lors d'un déplacement récréatif plus ou moins filtré par des pratiques récréatives de diffusion spatiale sur les milieux naturels.

Si la forme même du modèle possède un caractère descriptif, donné par l'outil mathématique (formulation de type gravitaire), il introduit une dimension explicative quant à la détermination des indicateurs spatiaux des déplacements sur un réseau d'accueil.

Les indicateurs spatiaux sont de plusieurs ordres. Ils portent sur des valeurs définissant les objets spatiaux (masses des sites et distances) et sur leurs poids respectifs dans les calculs. Ces valeurs procurent une base pertinente sur la détermination de l'organisation des processus de déplacements sur un espace et vont nous permettre de définir pour chaque site ou pour un ensemble de sites, la ou les contraintes spatiales plus ou moins dominantes.

Tout le modèle analytique général a été construit afin de pouvoir, dans une seconde phase de programmation informatique, créer un algorithme dont le principal objectif est de mettre au point des procédures qui puissent identifier le poids des principales variables (ou contraintes spatiales) lors d'un déplacement et de définir les grandeurs associées pour lesquelles nous avons des résultats satisfaisants.

Ces grandeurs satisfaisantes sont les indicateurs spatiaux associés aux contraintes spatiales des

déplacements qui définissent la répartition des visiteurs sur un réseau d'accueil.

Contraintes spatiales du déplacement	**Indicateurs quantitatifs associés**
Offre spatiale du site	*Aire de diffusion, proportion de visiteurs, équipement et élasticité* α
Attraction du voisinage	*Temps de déplacement et élasticité* β
Accessibilité	*Temps de déplacement et élasticité* γ

Tableau 29 : Contraintes et indicateurs spatiaux associés

A quoi servent ces indicateurs ? Ils ne peuvent se contenter de décrire un processus de déplacement, mais il faut qu'ils puissent également apporter une réponse à la question fondamentale que nous nous posons sur l'attractivité des sites, est-ce l'offre spatiale, le voisinage, l'accessibilité, ou bien une combinaison des trois qui rend un site fréquenté.

Dès lors qu'il est possible d'identifier une contrainte spatiale dominante, il sera alors possible d'agir sur les variables explicatives de cette contrainte spatiale. Si pour un site, l'offre spatiale apparaît dominante, si l'on veut réduire son attractivité ou l'augmenter, nous saurons sur quels paramètres porter les efforts d'aménagement (équipements ou ouverture de nouveaux sentiers). Si par contre, l'attractivité du voisinage apparaît importante, le choix d'aménagement sera de supprimer l'accessibilité ou de fermer des parkings voisins afin de limiter la fréquentation sur des sites naturels que l'on veut protéger.

Partie 3.

MODELISATION DES DEPLACEMENTS

INTRODUCTION

Le travail de programmation des déplacements s'inscrit dans une continuité des travaux du Laboratoire du CESA concernant l'utilisation de la théorie des graphes et des méthodes informatiques de modélisation en vue d'élaborer des outils d'aide à la décision qui utilisent la dimension explicative de la représentation cartographique, tels que les modèles portant sur la modélisation des réseaux de transports (D-Locat, MAP, NOD, ResDyn), ou bien sur les réseaux d'acteurs (MARIO), ou encore sur la visibilité des paysages (3D-IMA). L'objectif du modèle est de simuler les processus de déplacements sur un espace d'accueil récréatif et d'éditer des images de synthèses des résultats sur un graphe.

Si les travaux antérieurs ont permis de mettre au point des procédures que nous reprenons, ils imposent des conditions initiales pour que les différents modèles soient cohérents les uns avec les autres. La première de ces conditions est l'utilisation d'un système de fichiers standards, la seconde, qui n'est plus une condition nécessaire et suffisante, est l'utilisation d'un même langage de programmation, le Visual Basic. Si elle n'est plus obligatoire, c'est parce que les progrès informatiques de ces dernières années permettent de compiler plusieurs types de langages informatiques, ce qui fait que nous ne sommes plus dans l'obligation de programmer dans le même langage de programmation.

Entendons-nous bien, l'objectif du programme n'est pas d'optimiser des procédures, des informaticiens le font mieux et plus vite. Il suffit que les calculs s'inscrivent dans des temps corrects. L'objectif de la programmation est de nous doter d'un outil de recherche performant et adapté à un travail précis : l'étude des processus de déplacements. Le but est de déterminer des indicateurs spatiaux des contraintes spatiales de la répartition des visiteurs sur des espaces naturels ainsi que les effets de ces contraintes spatiales sur les attractivités des sites.

La principale difficulté de la modélisation est d'intégrer une double échelle des déplacements sur laquelle s'exerceront des comportements de pratiques récréatives. Nous avons alors décomposé le modèle en deux modules de programmation.

Le premier porte sur la modélisation de la répartition des flux de visiteurs sur un graphe à petite échelle (échelle kilométrique) qui représente un réseau d'accueil constitué par un réseau

routier et des parkings ouvrant sur des espaces naturels. Le second module modélise les processus de déplacements pédestres sur un espace naturel à une grande échelle (échelle métrique).

La première étape de la construction a porté sur la modélisation du réseau d'accueil de l'espace naturel. Il a fallu pour cela différencier l'espace en fonction des deux échelles de déplacements. Nous avons donc modélisé deux espaces, l'espace de déplacement voiture puis l'espace pédestre. Le modèle FRED possède plusieurs fonctionnalités :

- Création d'un espace réseau bi-échelles : élaboration des différents fichiers en digitalisant les informations obtenues à la suite d'études de fréquentation.

- Recherche par ajustement des indicateurs des contraintes spatiales des déplacements.

- Création d'un outil d'aide à la décision dont l'objectif est l'analyse des répartitions des visiteurs sur un espace en vue de mener des opérations d'aménagement.

- Détermination des formes de répartitions des visiteurs sur les milieux naturels dont l'objectif est une évaluation des impacts des pressions anthropiques engendrées par les pratiques récréatives des visiteurs.

Tout ce travail de programmation est décrit et décomposé dans le premier chapitre. Dans le deuxième chapitre, nous exploitons les différents modules de calculs et nous évaluons la validité du modèle en aménagement en appliquant le modèle FRED sur plusieurs espaces. Pour le module de répartition, le modèle est testé sur plusieurs espaces (Vosges, Ecrins et espaces théoriques) afin de vérifier si les résultats obtenus répondent à des caractéristiques locales ou sont d'ordre plus généraux. Quant au module de déplacements pédestres, nous n'avons qu'un espace de référence appartenant au PNR Ballons des Vosges (Réserve Naturelle du Tanet et Gazon du Faing). Pour vérifier la validité des simulations obtenues, nous comparerons les résultats des impacts avec ceux qui sont simulés sur un espace théorique similaire.

L'objectif, *in fine*, de tout ce travail de programmation est d'évaluer les pressions anthropiques potentielles qui s'exercent sur les milieux naturels et de définir les éléments constitutifs de cette pression. En d'autres termes, qu'elles sont les contraintes spatiales qui exercent une influence prépondérante sur l'attractivité des sites et quels en sont les impacts ?

Chapitre 1. CONSTRUCTION DU MODELE FRED

Introduction

Le modèle FRED est décomposé en deux modules et répond à des objectifs précis qui correspondent à des méthodes spécifiques de modélisation.

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. Nous avons ainsi construit un module de calcul qui incorpore dans les procédures la formalisation des interactions entre nos trois éléments (lieux, visiteurs et réseau). L'objectif de la programmation est de nous doter d'un outil susceptible de déterminer les indicateurs spatiaux associés pour chaque contrainte spatiale, pour que, dans un second temps, nous puissions mener des simulations. C'est pour cela que ce module possède deux procédures de calculs. La première a pour but d'évaluer par ajustement les indicateurs spatiaux, la seconde de simuler la répartition des visiteurs sur un espace d'accueil avec les indicateurs spatiaux obtenus lors des premiers calculs.

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.

Section 1. Présentation du modèle

A. Les objectifs du modèle

1). Que calcule-t-on ?

Pour modéliser les accès et les diffusions des individus sur un espace naturel, nous avons décomposé le processus de visite en deux temps.

Le premier calcule la probabilité qui existe pour que chaque site touristique soit fréquenté à partir de certains points de l'espace. Cela revient à calculer la probabilité qu'un parking possède à fixer une quantité de visiteurs aux départs de portes d'entrée ("ville porte") sous contraintes :

- d'accessibilité, elle correspond aux chemins minimaux du site aux différents points d'entrée (déplacement voiture).

- de la localisation dans le réseau des sites voisins.

- de l'offre spatiale naturelle du site en fonction des pratiques récréatives des visiteurs (niveau d'équipement, nombre de curiosités naturelles présentes dans les différentes aires de diffusion, notoriété du site et type de visiteurs).

Et dans un second temps, nous évaluons les formes de répartitions des flux de visiteurs sur les milieux naturels en fonction de leur comportement de pratiques récréatives spatiales. Les principaux résultats attendus porteront donc sur :

- l'importance donnée par les visiteurs à la distance et à l'offre spatiale naturelle, ces deux éléments entrant dans les choix des diffusions sur les sites déterminent les indicateurs spatiaux qui caractérisent les déplacements récréatifs sur un réseau d'accueil qui dessert un espace naturel.

- les pressions touristiques sur l'espace naturel en fonction des différents types de comportement de répartition des individus et une estimation de la localisation et des types d'impacts sur les milieux, en évaluant l'intensité potentielle des impacts sur les milieux naturels.

2). Deux modules de programmation

Comme nous l'avons expliqué, nous modélisons les déplacements de visiteurs en deux programmes selon deux processus distincts.

Le premier consiste à modéliser les déplacements voiture et les répartitions des visiteurs sur les différents sites (parkings) du réseau d'accueil. Le second modélise les déplacements pédestres sur les milieux naturels.

Le module de déplacement voiture est nommé FRED pgr (FRED graphe route) et le module du logiciel qui gère les déplacements pédestres est appelé FRED pgs (FRED graphe sentier).

LE MODELE FRED		
	Module de déplacement voiture	*Module de déplacement pédestre*
Type du modèle de référence	*Modèle d'interactions spatiales de type potentiel*	*Modèle SMA utilisant un ou plusieurs automates cellulaires*
Type du graphe	*Graphe route*	*Graphe sentier*
Echelle	*Kilométrique*	*Métrique*
Objectifs des calculs sur les déplacements	*Calcul des probabilités de répartitions des visiteurs sur un réseau d'accueil*	*Calcul des déplacements pédestres sur les milieux naturels*
Objectifs outil de recherche	*Recherche des indicateurs spatiaux sur les différentes contraintes de déplacements et de visites*	*Recherche des contraintes de déplacements des visiteurs sur les milieux naturels en fonction des aires de diffusion*
Ajustement	*Calibrage des indicateurs et des contraintes de déplacements en fonction d'une comparaison (analyse régressive) entre les quantités observées (comptages) et les probabilités simulées*	*Calibrage s'effectue en comparant une sortie graphique des cheminements simulés avec une photographie aérienne du site*
Objectifs de l'outil d'aide à la décision déduits	*Evaluation des répartitions des visiteurs sur un espace d'accueil sous contraintes de déplacement possédant des indicateurs quantitatifs*	*Localisation des cheminements potentiels. Evaluation des impacts potentiels*
Application en aménagement du territoire	*Gestion des fréquentations en agissant sur les circulations (fermeture de route par exemple) ou sur la fermeture ou ouverture de site*	*Gestion des cheminements afin de limiter des impacts en identifiant les sens de circulation des sentiers afin de canaliser les flux sur des sentiers de découverte par exemple*
Visualisation des résultats	*Sortie graphique des résultats* *Tableaux de résultats* *Fichiers des probabilités*	*Sortie graphique des résultats*

3). Un travail de programmation orienté vers une souplesse d'utilisation

Nous serons relativement brefs sur le travail de programmation du logiciel FRED. Il représente néanmoins une étape obligatoire car il nous a permis de construire un outil de recherche, dans le sens où il est capable de confirmer ou d'infirmer certaines de nos hypothèses et de définir des indicateurs spatiaux nécessaires à la détermination des formes de diffusion des visiteurs sur un territoire naturel.

Le travail de programmation a répondu à trois objectifs : le premier est bien sûr la programmation des processus d'interactions liés aux contraintes spatiales, le second la sortie cartographique des calculs en images de synthèses et le troisième la convivialité d'utilisation.

C'est un travail purement technique, long, fastidieux et ingrat qui totalise près de 3000 lignes de programme en "Visual Basic"[258], dont seulement 20 % constituent les calculs de répartition. Les 80 % restants gèrent l'interface homme - machine et les sorties cartographiques des calculs

[258] Le "Visual Basic" est un langage de programmation basé sur la syntaxe du basic. C'est un gros consommateur de procédures et de lignes de programme. Il possède deux principaux avantages, le premier d'avoir une bibliothèque de procédures qui facilite la création de boîte de dialogue, le second, étant un logiciel de Microsoft, il est parfaitement compatible avec le système d'exploitation Windows et permet la gestion et le retraitement des

de répartition. Nous avons particulièrement travaillé l'interface du logiciel pour qu'il puisse offrir une convivialité d'utilisation nécessaire pour orienter le logiciel vers ce qu'il doit être *in fine* : un outil d'aide à la décision. L'interface graphique est constituée par des boîtes de dialogue qui se présentent sous l'apparence de fenêtres qui se gèrent à la souris. Si notre logiciel doit servir un outil d'aide à la décision, il est indispensable que son utilisation soit accessible et souple pour qu'un autre individu que le programmeur puisse l'utiliser. Nous invitons donc le lecteur à se reporter aux annexes qui présentent le logiciel dans ses principales fonctionnalités de l'interface graphique.

B. Les différentes fonctionnalités du logiciel FRED pgr sur l'espace

Le modèle de simulation a été construit non seulement pour déterminer des indicateurs spatiaux des déplacements récréatifs sur un réseau d'accueil, mais aussi pour être un outil d'aide à l'aménagement du territoire, différentes procédures ont été mises au point à cet effet.

1). Digitalisation

Le modèle est autonome, en ce sens qu'il possède un module de digitalisation des nœuds et des arcs, issu de MAP[259], qui lui permet de gérer les caractéristiques spatiales d'un graphe à partir de plusieurs fenêtres (boite de dialogue) et de fonds de carte IGN scannée en surimpression sur l'écran.

2). Calcul de fichiers

Nous avons la possibilité d'enregistrer différents fichiers sous différents formats pour traiter des données quantitatives sur Excel, par exemple, ou bien des données graphiques en les exportant sous le format DXF[260] (vectoriel) ou BMP (pixel).

3). Gestion des simulations et des résultats

Différentes boîtes de dialogue gèrent les options des contraintes spatiales des déplacements pour simuler les probabilités de répartition des visiteurs. Des modules de calculs statistiques ont été intégrés pour comparer les résultats d'une simulation avec une base de données issues

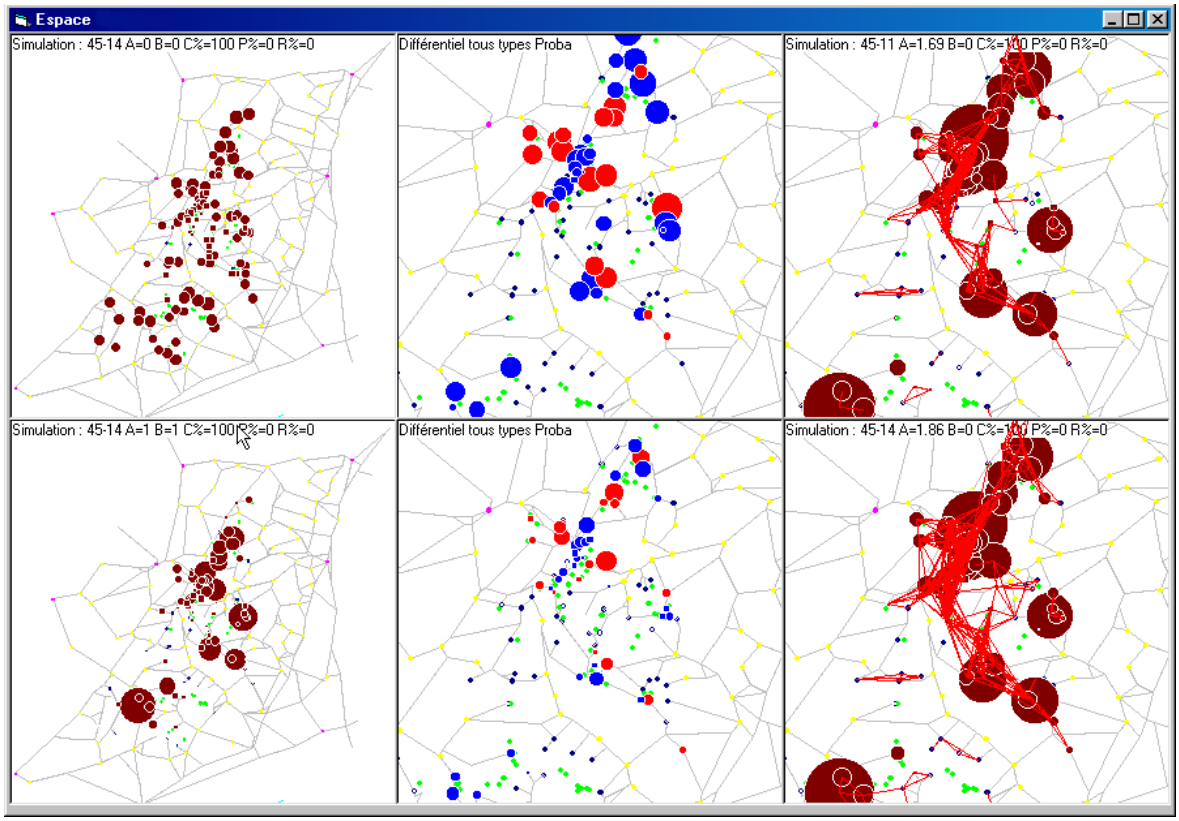
sorties graphiques sur d'autres logiciels.

[259] L'Hostis (A.). – *Image de synthèse pour l'aménagement du...* op. cit.

de comptages réalisés par exemple lors d'une étude de fréquentation. D'autres ont été créés pour pratiquer des calculs d'autocorrélations spatiales sur la répartition des visiteurs et les caractéristiques spatiales des sites afin d'analyser l'homogénéité des espaces étudiés.

4). Gestion cartographique par l'imagerie informatique

Tout un groupe de procédures de gestion graphique a été mis au point pour visualiser les résultats des simulations des répartitions des visiteurs sur un réseau. On peut cartographier les différentes proportions de visiteurs sur les sites, les différences relatives et absolues entre deux simulations, les circuits de cheminement utilisés pour un trajet voiture, on peut également gérer les échelles (zoom)...



Gestion des sorties cartographiques des probabilités — *Visualisation des différences relatives ou absolues de plusieurs simulations....* — *Traitements de données :relations existantes entre sites....*

Figure 40 : Exemple de sorties cartographiques des résultats

[260] Module de programmation mis au point au Laboratoire du CESA par S. Larribe et K. Serrhini en 1996.

Section 2. Modélisation de la répartition des flux de visiteurs sur le graphe route

L'utilisation du modèle nécessite au préalable trois phases pour le calcul des probabilités avant de pouvoir faire une simulation des répartitions des visiteurs sur le réseau d'accueil :

- La digitalisation de l'espace afin d'obtenir le graphe du réseau d'accueil. Ce travail consiste à relever tous les sites touristiques, parkings, zones urbaines, villes portes du territoire, les réseaux de circulation (routes...) que l'on modélise.

- La constitution d'une base de données sur les déplacements et les fréquentations touristiques de l'espace étudié. C'est à dire, un état zéro de la consommation spatiale d'un espace régional que l'on obtient par des comptages lors d'une étude de fréquentation.

- Le calibrage par ajustement des différents indicateurs spatiaux en fonction des contraintes spatiales des déplacements sélectionnées.

A. Principes généraux du module de déplacement voiture

1). Modéliser les trois éléments en interactions

La construction du modèle de simulation s'appuie sur l'architecture du modèle gravitaire et les bases de la formalisation des processus d'interactions que nous avons développés dans la seconde partie.

Le modèle va définir, pour chacun des types de visiteurs, les attractions des différents parkings ouvrant sur des sites naturels. Ces attractions sont calculées en fonction de la valeur du site[261] ("offre spatiale naturelle") et des interactions produites avec les sites voisins. Le module FRED pgr calcule alors, à partir des accessibilités depuis le point de départ du déplacement (ou point d'entrée ou "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

[261] Dans tout notre propos, lorsque l'on mentionnera le mot site, celui ci désignera un parking ouvert sur un espace naturel.

CESA sur l'utilisation de cette théorie concernant les transports[262], nous avons modélisé un réseau d'accueil touristique par 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, les intersections et les zones urbaines (villes, bourgs et villages). 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.

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 :

- 1 - L'accessibilité des sites touristiques : "distance temps" entre les portes d'entrée et les différents parkings de l'espace touristique.

- 2 – Des attractions absolues de chaque site dans le réseau en fonction d'une pratique récréative de consommation spatiale des touristes (aire de diffusion).

- 3 - L'offre spatiale existante autour d'un parking (niveau d'aménagement et accessibilité des curiosités naturelles : sommet, points panoramiques, lacs).

2). Principe du module

Dans le chapitre concernant la formalisation analytique, nous avons défini des indicateurs spatiaux pour chacune des contraintes spatiales, mais ils ont besoin d'être ajustés pour leur utilisation lors des simulations des répartitions de visiteurs sur un réseau.

Nous rappelons que ces indicateurs spatiaux associés aux contraintes spatiales de déplacements (offre spatiale des sites, attraction et accessibilité) concernent les élasticités (α, β, γ), les temps d'accessibilité (déplacement voiture du point d'entrée au site) et d'attraction (déplacement voiture de site à site), la proportion des types de visiteurs (randonneurs, promeneurs et randonneurs). La programmation du module FRED pgr répond à deux objectifs.

---

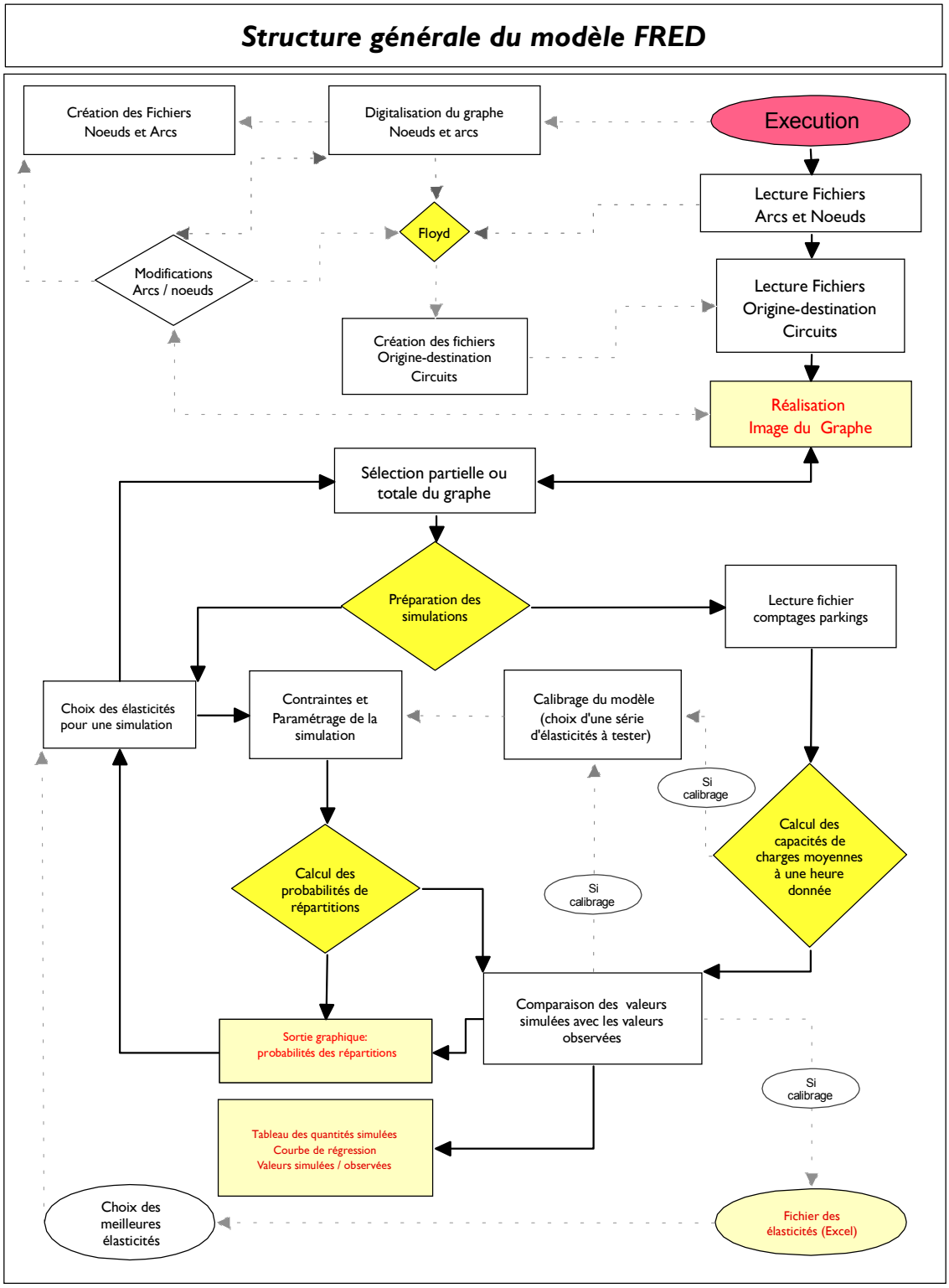
[262] Auray (J.P.), Mathis (Ph.). " *Analyse spatiale et théorie des graphes.*", *in* Encyclopédie d'économie spatiale : concepts, comportements, organisations, sous la direction Auray J.P., Bailly A., Derycke P.H., Huriot J.M. – Economica, Paris. 1994. p. 81 – 88.
L'Hostis (A.), " *Image de synthèse pour l'aménagement du...* op. cit.

La recherche des indicateurs spatiaux qui définissent un ou des déplacements sur un réseau d'accueil récréatif se fait par des calculs d'ajustement.

Ces calculs ont fait l'objet d'une programmation à travers un "module de calibrage" qui va calculer pour des séries d'indicateurs, les probabilités de répartitions qui seront comparées à un fichier de comptages parking. Après une analyse régressive entre les variables simulées et observées, on choisit la série d'indicateurs qui offre les meilleurs tests statistiques.

Le second possède un caractère plus orienté vers la mise en place d'un outil d'aide à l'aménagement. Lorsque les indicateurs ont été ajustés, on utilise ces derniers pour calibrer des simulations sur les déplacements et la répartition des visiteurs sur le réseau d'accueil. L'objectif dans ce cas, est d'étudier des propositions d'aménagement en évaluant l'impact des aménagements sur les répartitions des visiteurs sur le réseau.

3). Algorithme Général du modèle



Conception et réalisation : Fabrice Decoupigny - Tours, 2000.
Laboratoire du C.E.S.A., Parc Grandmont, 37 200 Tours.
Tel et Fax : 02 - 47 - 36 - 70 - 23

B. Construction du graphe route

Le graphe route se construit simplement à partir d'une digitalisation du réseau routier et des principaux sites naturels. Les procédures de digitalisation des nœuds et des arcs dans le modèle sont reprises du modèle MAP élaboré par A. L'hostis et ont été adaptées au modèle. Ces procédures permettent d'enregistrer sous la forme de fichiers textes les données concernant les caractéristiques fonctionnelles et géographiques des nœuds et des arcs orientés du réseau routier.

La construction du graphe route se fait en plusieurs étapes

- Sélection des nœuds à partir d'une analyse spatiale du territoire.
- Digitalisation et valuation des sommets.
- Création et valuation des arcs.

Dans un second temps on calcule les fichiers associés aux fichiers arcs. Cette opération permet d'optimiser les calculs de diffusion des visiteurs en évitant de refaire des boucles inutiles :

- Calculs des chemins minimaux et des circuits associés à chaque couple origine-destination.
- Calculs de l'offre spatiale relative de chaque site pour chacun des types de visiteurs.

1). Sélection et digitalisation des nœuds

La première étape de la construction du graphe est de sélectionner un certain nombre de nœuds. Pour cela nous distinguons à partir d'une analyse spatiale du territoire les sites appelés "remarquables" et "routes".

Les sommets "remarquables" structurent le graphe : les parkings, les zones habitées et les principales curiosités naturelles. Ils sont numérisés en sommets appelés respectivement "Fixation", "Patrimoine" et "Arrêt". Les nœuds "routes" sont digitalisés à partir d'une carte IGN et vont permettre de construire le réseau routier (lacets, intersections...) qui relient les différents nœuds "remarquables" sauf pour les nœuds "arrêts" qui appartiennent au graphe

sentier. Tous les nœuds du graphe sont localisés par des coordonnées (x, y, z). Le type "remarquable" ou "route" du nœud est enregistré sous la variable "Code type nœud". On obtient un premier fichier "nœuds" qui va être complété par des valuations que l'on peut entrer ou modifier à l'aide d'une boîte de dialogue.

2). Valuation des nœuds

Pour chaque type de nœud, des valeurs spécifiques peuvent être affectées et définissent les caractéristiques du noeud. Cette étape concerne principalement les nœuds remarquables "fixation" et "patrimoine" qui structurent l'espace d'accueil et les nœuds émetteurs de flux entrants.

a). Les nœuds fixation ou parking

Pour chaque parking, nous affectons deux valeurs distinctes, la valeur "Type site" et "Capacité de charge".

La valeur, appelée "Type site", donne le niveau d'aménagement et d'équipement d'un parking. Elle correspond à une valeur agrégée de plusieurs facteurs qui prend en compte les caractéristiques locales des offres en équipement d'un site. Elle n'est attribuée qu'au nœud "Fixation" (le parking). Les détails de cette évaluation étant dépendants de caractéristiques locales, nous renvoyons le lecteur sur les exemples des Vosges et des Ecrins (cf. Niveaux d'équipements des sites, page 265).

La variable "Capacité du parking" représente la capacité totale d'accueil sur le parking, en nombre de places de stationnement.

b). Les nœuds patrimoine

Pour toutes les zones habitées la valeur "Population" est saisie et correspond à la population du RGP de 1990.

c). Les nœuds émetteurs de flux entrants

Les nœuds "Entrée" représentent les sommets par lesquels entrent les flux de visiteurs. Ils sont enregistrés dans une autre colonne, ce qui nous permet de bien distinguer les points d'entrée sur le réseau, théoriquement tout nœud du réseau peut être un point d'entrée de flux de visiteurs à l'exception des nœuds "arrêts" qui ne sont pas reliés au réseau routier.

d). Structure du fichier noeuds

On obtient ainsi un fichier "Nœuds" qui décrit les fonctionnalités et les caractéristiques des différents sommets qui constituent le graphe.

Nom	*Code*	*Code type nœud*	*X*	*Y*	*Z*	*Code entrée flux*	*Population*	*Capacité du parking*	*Type site*
	1 à n	*Parking = 1* *Site naturel = 2* *Simple = 5* *Route = 6* *Ville/bourg = 8*	*Coordonnées kilométriques*			*Villes porte = 7* *Sinon =0*	*Population des nœuds habités en milliers*	*Nombre de places sur le parking*	*Indice d'équipement du site (parking)*

Tableau 30 : Format du fichier nœuds

3). Digitalisation et valuation des arcs

La digitalisation des arcs se fait à partir d'une boite de dialogue qui nous permet d'entrer la distance kilométrique de l'arc.. Un arc "route" est un segment routier qui possède un nœud origine et un noeud destination. Chaque fois que l'opérateur crée un arc entre deux nœuds, le modèle crée un arc associé orienté dans le sens opposé. Ainsi, tous les segments entre deux nœuds "route" sont déterminés par un couple d'arcs orientés.

On enregistre ensuite une vitesse moyenne qui correspond à un type de route donnée. La classification est celle qui a été adoptée au Laboratoire du CESA par A. L'Hostis et L. Chapelon lors des modélisations des réseaux de transport. Le temps de parcours d'un arc est donné par la vitesse moyenne du mode de la route et par sa distance. On obtient donc un temps moyen de parcours pour chaque arc orienté.

Mode route	*Vitesse moyenne*
Autoroute (130)	*110*
Voie expresse (110)	*90*
Route principale (90)	*70*
Route secondaire (90)	*50*
Route de montagne	*30*
Chemins ou pistes forestières carrossables	*15*

Tableau 31 : Typologie des modes route

Enfin, un fichier d'arcs est créé et se présente sous le format suivant.

Code nœud origine	*Code nœud destination*	*Distance kilométrique*	*Vitesse moyenne du mode route*
416	*477*	*2.5*	*50*
477	*416*	*2.5*	*50*

Tableau 32 : Format du fichier arc routier

C. Les itinéraires optimaux

1). Principe

Pour effectuer des calculs d'accessibilité et prendre en compte les trajets entre les différents nœuds, il est nécessaire de connaître les temps de parcours. Nous supposons que les trajets de déplacements en voiture se définissent en fonction d'une optimisation du chemin le plus court, et visent à se rendre le plus rapidement sur les espaces naturels. Nous nous sommes servis pour cela des procédures de calculs de recherche de chemins minimaux.

Le calcul de la recherche des chemins minimaux sur un graphe a été mis au point à partir de l'algorithme de FLOYD. Il a déjà été plusieurs fois développé, son utilisation concernant la modélisation des réseaux de transports et son efficacité n'est plus à discuter. Nous ne faisons que réutiliser une technologie qui a été mise au point au Laboratoire du CESA sur quatre modèles : D-Locat (Ph Mathis), MAP (A. L'Hostis), NOD (L. Chapelon) et RESDYNAM.(H. Baptiste).

Ces calculs serviront ultérieurement à tenir compte des temps de déplacements existants entre les différents nœuds "remarquables" accessibles sur le réseau d'accueil et sont nécessaires pour évaluer des temps d'accessibilités.

Les calculs des itinéraires optimaux nous permettent de créer des fichiers associés au graphe route. Ils représentent les informations relatives aux chemins minimaux enregistrés pour un graphe donné. Ils sont de deux formes.

- Un fichier origine-destination des chemins les plus courts (chemins minimaux) de tous nœuds remarquables à tous nœuds "remarquables" à l'exception des nœuds "Arrêts". Il donne pour tout couple de nœuds "remarquables", la distance ou le temps de trajet minimal pour aller d'un nœud à l'autre.

- Un fichier circuit issu d'une matrice (appelée matrice des précédents) qui donne les nœuds successifs des chemins minimaux pour tous les couples de nœuds du fichier origine-destination.

2). Calculs des chemins minimaux

a). Préparation du graphe par la matrice des arcs minimaux

Le calcul se fait en deux temps, on calcule une matrice des arcs minimaux à trois dimensions qui prépare la recherche du plus court chemin entre deux nœuds puis le programme compare les différents arcs pour obtenir l'arc le plus court entre les deux nœuds.

Le calcul de la matrice des arcs minimaux[263] permet s'il existe plus d'un arc entre deux nœuds de sélectionner le plus court en kilomètres ou en temps.

```
Pour chaque sommet i = 1, 2, ..., n
        Pour chaque sommet j = 1, 2, ..., n
                Si i = j
                        l(i, j) ← 0,
                Sinon
                        Si l'arc entre i et j existe,
                                l(i, j) ← longueur arc(i, j)
                        Sinon
                                l(i, j) ← +∞
        Sommet j suivant
Sommet i suivant
[avec l(i, j) la longueur du chemin entre i et j de la matrice des arcs minimaux]
```

Algorithme 1 : Enoncé formel du calcul de la matrice des arcs minimaux

A l'origine pour les modèles D-Locat, MAP, NOD et RESDYNAM, elle devait choisir l'arc le plus court entre deux nœuds comme par exemple le choix entre l'autoroute ou une route nationale existante entre deux villes. Dans notre cas, le graphe route représente un réseau routier très simple, nous n'avons qu'un seul type de route entre deux nœuds, il n'existe donc que les deux arcs orientés, rendant normalement le calcul de cette matrice non obligatoire. Mais nous l'utilisons pour garder en mémoire les nœuds intermédiaires entre une origine et une destination afin de pouvoir obtenir le cheminement (ou le circuit) entre deux nœuds qui nous sera donné par la "matrice des précédents" lors de l'exécution de l'algorithme de FLOYD.

b). Algorithme de Floyd

Le choix de l'algorithme a pour objectif de calculer l'ensemble des chemins minimaux entre

[263] L'algorithme des arcs minimaux, ainsi que celui des chemins optimaux et du modèle d'affectation, développés initialement par Ph. MATHIS, "*Economie urbaine...*", op. cit. ont été convertis en langage Basic par L. Chapelon et A. L'Hostis pour le développement des logiciels MAP et NOD.

tous les sommets du graphe. Plusieurs algorithmes existent et peuvent être utilisés [264]. Nous utilisons l'algorithme de Floyd car "*il est applicable quelles que soient les longueurs (mêmes nulles) et la densité du graphe*"[265]. Dès que la matrice des arcs minimaux est constituée, la recherche des chemins minimaux peut se faire. Le calcul consiste à déterminer des sommets intermédiaires k pour relier deux nœuds i et j en tenant compte de l'orientation des arcs.

Pour chaque couple de sommets (i, j), l'algorithme de Floyd recherche si pour tout k = {1, 2, ..., n}, il existe un chemin plus court que le chemin (i, j) passant par ce k (nœud intermédiaire entre i et j). Si cette condition est vraie (ligne 5), le chemin est formé par un sous-chemin entre i et k (ligne 6), puis un autre entre k et j (chacun de ces sous-chemins pouvant eux-mêmes utiliser des sommets intermédiaires).

Pour chaque sommet k = 1, 2, ..., n	*Ligne 1*
Pour chaque sommet i = 1, 2, ..., n	*2*
Si l(i, k) < +∞	*3*
Pour chaque sommet j = 1, 2, ..., n	*4*
Si l(i, k) + l(k, j) < l(i, j)	*5*
l(i, j) ←l(i, k) + l(k, j)	*6*
p(i, j).code nœud ← p(k, j). code nœud	*7*
Sommet j suivant	*8*
Sommet i suivant	*9*
Sommet k suivant	*10*
[avec l(i, j) la valeur minimale du chemin entre i et j de la matrice des chemins minimaux]	
[*p(k, j). code nœud* est un marqueur qui enregistre tous les k intermédiaires pour un chemin entre i et j.]	

Algorithme 2 : Enoncé formel de l'algorithme de Floyd

Lorsque le calcul est achevé, on enregistre les données obtenues sous la forme d'un fichier "origine-destination" des chemins minimaux. Cette opération est possible car on a écrit la ligne 7 qui permet de garder en mémoire le code du nœud intermédiaire précédent j. On peut ainsi obtenir la matrice des précédents qui définit tous les nœuds intermédiaires k entre une origine destination (i, j).

3). Création des fichiers associés aux trajets minimaux

a). Création des fichiers origine-destination

Quelles que soient les conditions initiales du calcul des chemins minimaux (temps ou

[264] Voir une description complète de ces algorithmes dans Bartnik (G.), Minoux (M.), "*Graphes, algorithmes, logiciels*." Paris : Bordas, 1986, p. 118-146.
[265] Baptiste (H.), " *Réseau...*", op cit. p. 230.

distance), le fichier origine destination des trajets les plus courts enregistre sur la même ligne : le code du nœud origine et du nœud destination ainsi que le temps minimum et la distance associée à ce temps (respectivement la distance minimale et le temps associé à cette distance) si le calcul a porté sur la minimisation des temps (respectivement la minimisation de la distance).

Code nœud origine	*Code nœud destination*	*Temps en minutes*	*Distance kilométrique*

Tableau 33 : Format du fichier origine destination des chemins minimaux

b). Fichiers circuit des cheminements

La matrice des précédents est enregistrée et donne tous les sous chemins nécessaires pour retrouver le circuit des nœuds intermédiaires entre un couple de nœuds appartenant au fichier origine-destination.

Code nœud origine	*Code nœud destination*	*Nœud précédent*	*Arc précédent*
			Code de l'arc dont le nœud origine est le "nœud précédent" et le nœud destination est le "code nœud destination"

Tableau 34 : Format du fichier des précédents de chemins minimaux

Ce fichier se lit de la façon suivante : au lieu de lire un cheminement dans l'ordre chronologique, la recherche du circuit se fait à rebours.

Code nœud origine	*Code nœud destination*	*Nœud précédent*	*Arc précédent*
0001	*0002*	*0001*	*0013*
0001	*0003*	*0002*	*0125*
0001	*0004*	*0003*	*0025*

Par exemple on veut connaître le chemin qui mène du nœud 1 à 4. On se reporte à la ligne qui possède le nœud 1 comme origine et 4 comme nœud destination et on lit que le nœud placé avant 4 dans le cheminement est 3 (chemin = 1 +?? +3+4). Puis on recherche le chemin de 1 à 3, et on trouve que 2 est le précédent de 3 (chemin =1 +?? +2+3+4). On s'aperçoit que le précédent du chemin allant de 1 à 2 est le nœud origine 1, le chemin est alors terminé et passe par les nœuds 1, 2, 3 et 4.

La colonne arc précédent nous permet d'associer à chaque nœud intermédiaire, l'arc orienté du graphe qui a pour origine le "*code du nœud précédent*" et pour destination le *"code du nœud destination*". Ceci nous permet, lorsque nous simulerons les déplacements, d'optimiser les calculs afin que la recherche des arcs correspondants aux sous chemins se fasse

instantanément[266].

D. Modélisation des déplacements sur le graphe route

1). Module de calculs FRED pgr

FRED pgr est un modèle de recherche qui doit ouvrir sur un outil d'aide à la décision. Mais pour l'utiliser comme outil sur un espace, il est nécessaire de définir les indicateurs spatiaux associés aux contraintes spatiales de l'espace qui gèrent les répartitions des visiteurs.

Pour qu'il puisse remplir cette mission, le module des calculs de probabilités possède deux fonctionnalités : la première de calibrer, par ajustement, les indicateurs sous conditions des contraintes spatiales des déplacements (offre spatiale, attraction, accessibilité), la seconde de calculer une simulation sur les bases des indicateurs valués lors de l'étape précédente.

Le module de calibrage est abordé en détail dans la troisième partie à partir d'exemples qui portent sur l'analyse des déplacements sur les espaces Vosges et Ecrins.

Le module de calcul se décompose en plusieurs procédures qui permettent de traduire en langage informatique les différentes formalisations de nos contraintes spatiales (offre spatiale, attractions absolues et accessibilités) que nous avons développées dans la seconde partie.

[266] Un fichier circuits peut comporter plusieurs dizaines de milliers de lignes. Dans ces conditions il est prfois préférable d'alourdir le fichier en introduisant une information qui permet de rechercher plus rapidement une donnée dans le fichier et d'optimiser ainsi des calculs ultérieurs sur la détermination des circuits.

	Procédures	Inputs et choix des contraintes de simulations
1	*Sélection des données initiales sur l'espace*	*Proportion des types de visiteurs, choix des points d'entrée des flux, poids des entrées des flux par points d'entrée, lecture du fichier comptages des parkings*
2	*Choix des contraintes de déplacement*	*Sélection des trois contraintes de déplacements ; Offre spatiale relative des sites ; Influence du Voisinage ; Accessibilités des temps de déplacement entre les points d'entrée et le parking*
3	*Choix du type de calcul*	*Saisies des paramètres : % Types de visiteurs ; α, β, γ ; Temps max attraction ; Temps max accessibilité*
4	*Si calcul d'une simulation On ne calcule les probabilités que pour une série donnée* / *Si le choix d'une série de simulations alors calibrage, on calcule toutes les combinaisons possibles entre les paramètres.*	*Si une simulation alors on ne saisit qu'une valeur par paramètres* / *Si Calibrage alors on saisit, pour chaque paramètre, des valeurs comprises entre un max et min*
5	*Calcul de l'offre spatiale des sites en fonction des trois populations de visiteurs : contemplatifs, promeneurs randonneurs*	*Si la contrainte "typologie visiteurs" est sélectionnée alors le calcul se fait en différenciant les types de pratiques récréatives : contemplatifs, promeneurs, randonneurs sinon l'offre spatiale récréative est par défaut celle d'un contemplatif*
6	*Calcul de l'offre spatiale relative des parkings*	*Si la contrainte de "Offre spatiale" est sélectionnée alors Saisie élasticité α Sinon "Offre spatiale relative" Oi = 1*
7	*Calculs sur les parkings des influences des parkings voisins*	*Si la contrainte "Attraction" est sélectionnée alors saisie de l'élasticité β et de la distance d'attraction maximum sinon l'Attraction est égale Ai =Oi*
8	*Calculs des probabilités Calculs des accessibilités entre les points d'entrée et les parking*	*Si la contrainte "Chemins minimaux" est sélectionnée alors on saisit l'élasticité γ, distance d'accessibilité maximum sinon les probabilités Pi = Ai/Σ Ai*
9	*Si calcul d'une simulation Alors* / *Si calcul d'un calibrage alors Calculs statistiques de régression sur les résidus Ecritures des résultats sur un Fichier calibrage (Retour à 4)*	*Si un fichier de comptages parkings a été entré, alors calcul de régression statistiques entre les probabilités observées et simulées*
10	*Fichier Excel des résultats*	*Choix des paramètres et détermination des indicateurs spatiaux pour une répartition observée (comptages parkings) % Types de visiteurs ; α, β, γ ; Temps max attraction ; Temps max accessibilité*
11	*Sortie graphique, statistiques,...*	*Gestion graphique et statistique des probabilités obtenues*

Avec *Oi* l'offre spatiale des sites *i* ; α l'élasticité affectée à l'offre spatiale *Oi* ; β l'élasticité affectée à la distance d'attraction *temps max attraction* ; γ l'élasticité affectée à la distance d'accessibilité *temps max accessibilité* ; *Ai* ("*attractivité potentielle relative*") des sites donnée par le produit de la somme des "*attractions absolues*" (ou "*potentiel attractif*" , (*Iti*)) des sites j voisins de i et de l'offre spatiale *Oi* ; *Pi* la probabilité de répartition des visiteurs sur le site *i*.

2). Programmation de la formalisation analytique

Le principe de la construction des procédures des calculs des probabilités du modèle FREDpgr consiste à traduire la formalisation analytique des interactions entre les trois éléments du système de déplacement sur un graphe que nous avons décrit dans le deuxième chapitre de la seconde partie.

Les procédures de cette programmation représentent le cœur du modèle. Pour chaque calcul, un algorithme est élaboré.

Les différentes procédures qui calculent les probabilités de répartition sont toutes intégrées dans le même module de programmation appelé "Paramètres simulations", et sous l'onglet "Options Variables".

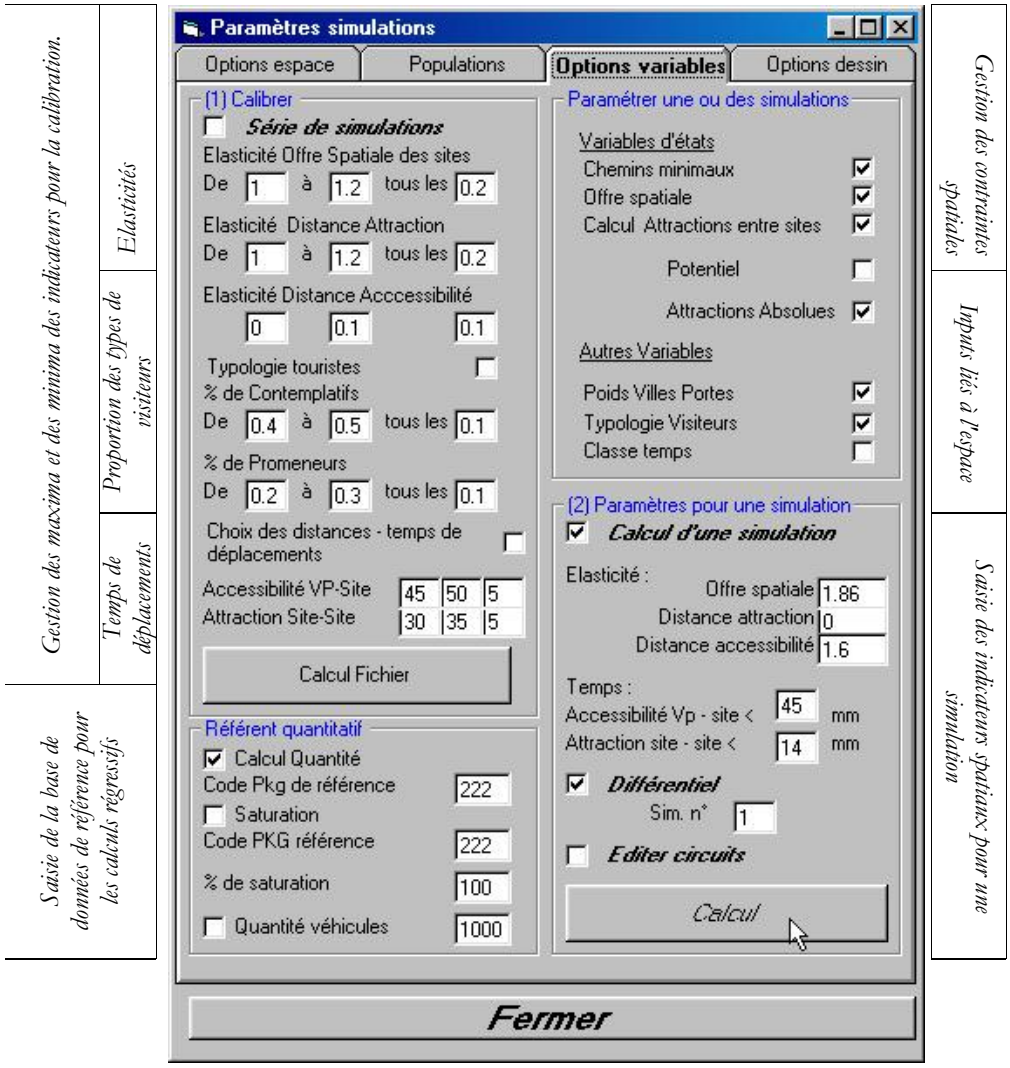


Figure 41 : Boîte de dialogue du paramétrage des indicateurs pour les simulations

Le calcul des répartitions pour une série d'indicateurs se fait en sélectionnant une procédure "*(2) Paramètres pour une simulation*" et en cliquant sur "*Calcul*".

Pour cela on choisit, en fonction des contraintes sélectionnées, les différents indicateurs de déplacements, les élasticités (α, β, γ) et les temps de déplacements d'accessibilité et d'attraction, puis dans l'onglet "*Paramétrer une ou des simulations*", on sélectionne les contraintes de calculs des déplacements. Si l'on veut comparer les résultats simulés avec des données observées, dans l'onglet "*Référent quantitatif*" on sélectionne alors une option.

Le modèle calcule en premier lieu les offres spatiales des sites, puis pour tous les sites les attractions absolues des sites de son voisinage, et dans un dernier temps, il calcule pour tous les sites les probabilités de répartitions en fonction de l'attraction du site (offre et attraction absolues) et de l'accessibilité à un point de départ sur le réseau.

a). Module de calcul des offres spatiales relatives

L'objectif de cette procédure est de sélectionner la contrainte de l'offre spatiale dans les calculs de répartitions. Si la case "*Offre spatiale*" est cochée, on calcule les offres spatiales *Oi* pour tous les sites sinon on considère l'offre *Oi* neutre, c'est-à-dire égale à 1.

La procédure ci-dessous détaille le mode de calcul des offres spatiales dans le modèle. Elle est l'exacte traduction de la formalisation de l'offre spatiale relative des sites (cf. Formalisation, page 190). Elle s'exécute lorsque la procédure des calculs des probabilités est lancée.

```
// calcul Oi, la masse du site
Si coche "offre sptiale" vraie alors
   Pour tout i=1 à Nombre de nœuds
         Si Nœud = parking alors
         // Na(i)= niveau d'aménagement du parking est lu dans le fichier "Nœuds", c'est la caractéristique appelée
         "Type site"
         // ΣS(i)= NbSite500 + NbSite1000 + NbSite3000
         // ΣSp(i)= (NbSite500 / 0.5) + (NbSite1000 / 1) + (NbSite3000 / 3)
         // ΣS(i) et ΣSp(i) sont calculés automatiquement à la fin de la lecture du fichier "Nœuds"
         // α = élasticité
                  Oirand ← ( ΣS(i) )^α
                  Oiprom ← ( Na(i) × ΣS(i) )^α
                  Oicont ← ( Na(i) ×ΣSp(i) )^α
         fin if
   fin pour i

fin if
```

Les variables explicatives *Na(i)*, $\Sigma S_{(i)}$ et $\Sigma Sp_{(i)}$ de l'offre spatiale pour chaque site et pour chaque

type de visiteurs sont invariables sur un graphe donné. En effet, elles ne prennent en compte que des objets physiques existants sur l'espace, les équipements et services du site et les différentes curiosités naturelles dans les différentes aires de diffusion pédestre.

Ces valeurs sont déterminées soit par la lecture du fichier "Nœuds". Pour ce qui est de $Na(i)$, les valeurs sont données par la dernière colonne du fichier "Nœuds" (variables "Type site"), tandis que pour $\Sigma S_{(i)}$ et $\Sigma Sp_{(i)}$, elles sont calculées à la fin de la lecture du fichier "Nœuds".

Nous avons aussi inséré une procédure qui permet de donner une valeur aléatoire à $Na(i)$, $\Sigma S_{(i)}$ et $\Sigma Sp_{(i)}$. Ainsi lors de simulation des répartitions sur un espace, on pourra tester le poids de l'offre spatiale des sites en analysant les différences de répartition entre une répartition déterminée et stochastique. Ces valeurs sont aussi calculées au lancement de la procédure de calcul des répartitions.

b). Module de calcul des attractions absolues

Dès que les calculs des offres spatiales sont achevés, le programme enchaîne sur les calculs des attractions des sites. Si la case "*Attractions absolues*" est cochée, l'influence des sites appartenant au voisinage est prise en compte.

```
// Calcul des attractions absolues It (i) par type de touristes

Pour tout i=1 à Nombre de nœuds
        Si Nœud i = parking alors
                Iti_cont ← Oi_rand
                Iti_prom ← Oi_prom        // interaction du site sur lui même
                Iti_rand ← Oi_cont
                        Pour tout j =1 à Nombre de nœuds
                                Si Nœud j = parking et i ≠ j  et t (i,j) ≤ t max attraction alors
                                        It j_cont ← Oj_cont / t(i,j)^β  // ou bien noté It j_cont ← AA(i,j)_con
                                        It j_prom ← Oj_prom / t(i,j)^β // ou bien noté It j_prom ← AA(i,j)_prom
                                        It j_rand ← Oj_rand / t(i,j)^β // ou bien noté It j_rand ← AA(i,j)_rand

                                        It i_cont ← It i_cont + It j_cont
                                        It i_prom ← It i_prom + Itj_prom
                                        It i_rand ← It i_rand + It j_rand
                                        // β élasticité t(i,j) sur les distances attraction site - site
                                fin si
                        fin pour j
        fin si
fin pour i
```

Pour tout parking i, on calcule la somme des "*attractions absolues*" $AA(i,j)$ des offres spatiales

des sites j voisins de i, pour chaque type de visiteurs, sous la condition que le temps de déplacement *t(i,j)* soit inférieur au temps, *t max attraction*, saisi par l'opérateur dans la case "*Accessibilité site – site*" de la boite de dialogue. Cette procédure permet de prendre en compte les influences des offres spatiales des sites voisins. En sommant au fur et à mesure les attractions absolues, on obtient pour chaque parking i, la valeur du "*potentiel attractif*" du site i (*Iti*) qui est la somme des "*attractions absolues*" des sites j voisins de i.

c). Calculs des probabilités de répartitions

Dans une dernière étape, le modèle va calculer les probabilités de répartition pour chaque type de visiteurs sur tous les sites de l'espace à partir de points d'entrée sélectionnés.

Cette troisième phase des calculs des répartitions va attribuer une probabilité de fixation des visiteurs sur chaque parking en fonction de l'offre spatiale et des attractions absolues qui s'exercent sur tous les sites.

Pour chaque point d'entrée *e,* on calcule, pour chaque type de visiteurs, les probabilités de répartitions sur tous les parkings *i* du graphe.

```
Compteur ← 0                    //initialise le volume des flux entrants sur le réseau
Pour tout i =1 à Nombre de nœuds
        Πi ← 0                  //initialise les probabilités de répartition sur tous les parkings i
        Πi rand ← 0
        Πi prom ← 0
        Πi cont ← 0

fin pour i
Pour tout e = 1 à Nombre de nœuds
        Si Nœud e = Entrée alors
                ΣA cont ←0  // initialisation des sommes des attractivités des sites du réseaux
                ΣA prom ← 0
                ΣA rand ← 0
                Compteur ← Compteur + Pd(e)        // Pd(e)  = poids des visiteurs au nœud entrée (e) ∈ N
        Calcul des attractivités des sites   // calcul des attractivités des parkings au nœud (i)
        Calculs probabilités de fixation     // calcul des probabilités de répartition pour chaque point d'entrée
        fin si
fin pour e
Calculs les probabilités finales
Fin ce procédure
```

Pour évaluer les probabilités de répartition, nous avons besoin de saisir les points d'entrée *e* et les volumes des flux entrants affectés pour chaque point d'entrée.

Les points d'entrée *e* (point de départ ou "villes portes") sont sélectionnés en fonction des données que l'opérateur possède sur l'espace. Les quantités *pd(e)* de flux entrant par les points

d'entrée sont saisies par l'opérateur (population ou comptages routiers, capacité d'hébergement...).

Une première procédure ("*Calcul des attractivités des sites*" en bleu) calcule les *"attractivités potentielles relatives"* (*Ai*)[267] de tous les parkings. Cette attractivité est donnée pour chaque type de visiteurs contemplatifs, promeneurs et randonneurs. Elle permet de prendre en compte le poids relatif des influences des sites j voisins de i ("*potentiel attractif*" ou somme des "*attractions absolues*" (*Iti*) et le poids du site i (offre spatiale *Oi*).

Elle est calculée pour tout parking sous la condition que le temps de déplacement *T(i,e)* soit inférieure au temps, *T max accessibilité*, saisi par l'opérateur dans la case "*Accessibilité Vp – site*" (déplacement "ville porte"-site) de la boite de dialogue.

Si la case "*Chemins minimaux*" est cochée alors on calcule les probabilités en tenant compte des temps de déplacements entre les points d'entrée *e* et les sites tels que $T(e,i) < t\ max\ accessibilité$. Sinon on ne prend en compte que le seuil de déplacement, on ne calcule alors les probabilités de répartition que si les sites se trouvent en deçà du seuil, sans tenir compte des temps de déplacements, on considère alors que $T(e,i) = 1$ pour tout $T(e,i) < t\ max\ accessibilité$.

Si *T(i,e)* est supérieur à *T max accessibilité* alors l'attractivité du site au départ d'un point d'entrée est nulle, la probabilité de fixation sur le parking au départ du point d'entrée *e* sera alors nulle.

On obtient pour tout parking et pour tout type de visiteurs une attractivité spécifique pour tout point d'entrée donné. Pour chaque point d'entrée *e* on a (pour tout $T(i,e) < Tmax\ accessibilité$) :

- $Ai \leftarrow (Oi \times It\ i) / T(i,e)^{\gamma})$ si on tient compte des itinéraires optimaux.
- $Ai \leftarrow (Oi \times It\ i)$ si on ne tient compte que d'un seuil de déplacement.

On somme l'ensemble des *"attractivités potentielles relatives" Ai* (ΣA) pour chaque point d'entrée *e* afin d'obtenir la somme des attractivités des sites accessibles qui va servir à calculer la probabilité pour qu'un visiteur partant du point d'entrée *e* se localise sur le parking *i*.

[267] Cf. le chapitre sur la formalisation en seconde partie, p. 194.

Première Procédure "Calcul des attractivités des sites"
Pour tout i =1 à Nombre de nœuds
Si Nœud i = parking alors
Si T (e,i) ≤ Tmax accessibilité et T (e,i)≠ 0 et i≠ e alors
Si calcul chemins minimaux alors
$Ai_{cont} \leftarrow (Oj_{cont} \times It\ i_{cont}) / T(e,i)^{\gamma})$
$Ai_{prom} \leftarrow (Oj_{prom} \times It\ i_{prom}) / T(e,i)^{\gamma})$
$Ai_{rando} \leftarrow (Oi_{rand} \times It\ i_{rand}) / T(e,i)^{\gamma})$
Sinon // calcul en ne tenant compte que si j ≤ Tmax accessibilité // (e,i) de déplacement max accessibilité entre (i,e)
$Ai_{cont} \leftarrow Oi_{cont} \times It\ i_{cont})$
$Ai_{prom} \leftarrow (Oi_{prom} \times It\ i_{prom})$
$Ai_{rando} \leftarrow (Oi_{rand} \times It\ i_{rand})$
fin si
$\Sigma A_{cont} \leftarrow \Sigma A_{cont} + Ai_{cont}$ *// somme des attractivités*
$\Sigma A_{prom} \leftarrow \Sigma A_{prom} + Ai_{prom}$
$\Sigma A_{rand} \leftarrow \Sigma A_{rand} + Ai_{rand}$
fin si
fin si
fin pour i

La seconde procédure des calculs (*"Calculs probabilités de fixation"* en rouge) consiste sur la base des calculs précédents à évaluer les probabilités de répartition des visiteurs en tenant compte du poids *pd(e)* des visiteurs entrant en *e* et de la proportion des groupes de visiteurs *tx* (contemplatifs, promeneurs et randonneurs).

$$P_i \leftarrow (Ai / \Sigma A) \times Pd(e) \times tx \qquad \text{avec } tx_{cont} + tx_{prom} + tx_{rand} = 1$$

On obtient dès lors pour tous les sites, les probabilités de fixation de chaque visiteur pour un point d'entrée donné et pondérées par le poids des flux entrant par *e*. On somme les différentes probabilités au fur et mesure que l'on calcule les probabilités des sites en fonction des points d'entrée *e*.

On obtient Πi, la somme cumulée de toutes les probabilités de répartition sur le parking *i* qui ont été calculées à partir de chaque point d'éntrée *e*.

Deuxième Procédure "Calculs probabilités de fixation"
Pour tout i =1 à Nombre de nœuds
Si Nœud i = parking et T(i,e) ≤ Tmax accessibilité alors
$Pi_{cont} \leftarrow (Ai_{cont} / \Sigma A_{cont}) \times Pd(e) \times tx_{cont}$
$Pi_{prom} \leftarrow (Ai_{prom} / \Sigma A_{prom}) \times Pd(e) \times tx_{prom}$
$Pi_{rand} \leftarrow (Ai_{rand} / \Sigma A_{rand}) \times Pd(e) \times tx_{rand}$
$Pi \leftarrow Pi_{rand} + Pi_{prom} + Pi_{cont}$
$\Pi i \leftarrow Pi + \Pi i$
$\Pi i_{rand} \leftarrow Pi_{rand} + \Pi i_{rand}$
$\Pi i_{prom} \leftarrow Pi_{prom} + \Pi i_{prom}$
$\Pi i_{cont} \leftarrow Pi_{cont} + \Pi i_{cont}$
fin si
fin pour i

La dernière procédure (*"Calculs les Probabilités finales"* en vert*)* s'exécute quand tous les calculs de probabilités ont été effectués. Elle permet de ramener les probabilités sur une base de 1 : *Pi* = *Πi / somme totale des flux entrants.*

On obtient, pour tous les parkings, une probabilité de fixation générale des flux présents sur l'espace d'accueil.

Procédures "Calculs les Probabilités finales"
Pour tout i =1 à Nombre de nœuds
$\Pi i \leftarrow \Pi i$ / *Compteur* // *probabilisation*
$\Pi i_{rand} \leftarrow \Pi i_{rand}$ / *Compteur*
$\Pi i_{prom} \leftarrow \Pi i_{prom}$ / *Compteur*
$\Pi i_{cont} \leftarrow \Pi i_{cont}$ / *Compteur*
fin pour

d). Ouverture sur le calcul des cheminements pédestres

Le calcul des répartitions probables des visiteurs n'est pas l'unique objectif du modèle. Pour évaluer les impacts des fréquentations de visiteurs sur les espaces naturels, il est nécessaire d'avoir au préalable mesuré le poids potentiel des visiteurs aux points de départ des flux pédestres sur les milieux naturels. Le module FREDpgr répond à cet objectif, en affectant pour tous les parkings, une pression de la fréquentation sous la forme d'une probabilité de fixation des flux prêts à se diffuser sur les milieux naturels.

Il serait tout à fait possible de travailler sur les impacts sans passer par le module FREDpgr. Mais l'évaluation des impacts relève d'un corpus scientifique qui nous échappe, pour la simple raison que nous ne sommes ni biologistes, ni écologues. Nous pouvons en revanche, évaluer les pressions potentielles sur les milieux naturels, en fournissant aux spécialistes des chiffres sur les secteurs de l'espace qui seront le plus soumis aux pressions anthropiques.

Où se localisent les principales pressions pédestres sur les milieux naturels en fonction des comportements de diffusion des visiteurs ? Comment prévoir leur localisation si, lors d'une opération d'aménagement, on rend des sites naturels accessibles par la création d'un parking ?

Dans ce schéma général, le module FRED pgr fournit une première information sur la quantité de visiteurs qui vont se diffuser sur les espaces naturels aux départs des points d'accès sur les espaces naturels que sont les parkings.

Section 3. Modélisation des déplacements pédestres sur le graphe sentier (module FREDpgs)

La modélisation des déplacements pédestres possède deux objectifs. Le premier consiste à créer un automate cellulaire pour simuler les cheminements pédestres sous contrainte de pénibilité liée aux conditions géomorphologiques. Le second est de vérifier l'hypothèse de l'existence des aires de diffusion sur les espaces naturels en fonction de certaines pratiques de comportements de déplacements récréatifs que possèdent les contemplatifs, les promeneurs et les randonneurs.

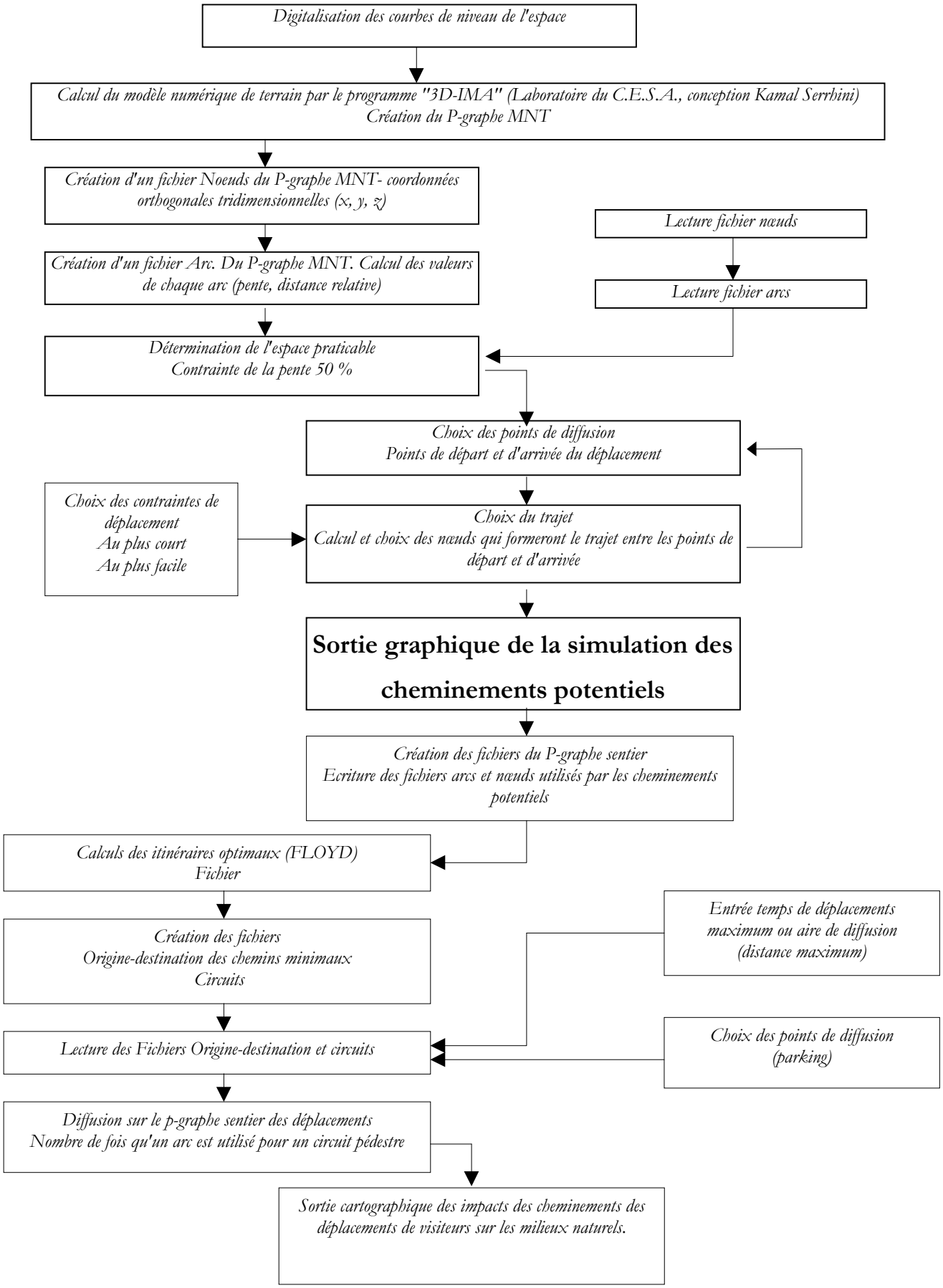
Afin de vérifier la pertinence des aires de diffusion, nous comparerons les résultats des cheminements simulés sur une réserve naturelle avec des photographies aériennes et des simulations faites sur des espaces théoriques.

Le graphe sentier s'obtient à partir du traitement d'un graphe qui s'inscrit sur un modèle numérique de terrain (MNT), le graphe MNT. Pour des questions techniques dépendantes de la puissance de calculs des ordinateurs, nous ne pouvons traiter directement les déplacements pédestres sur un MNT car le nombre de nœuds se révèle trop important par rapport aux capacités de calculs de nos machines.

La construction du graphe sentier se fait en deux temps et a pour objectif de simplifier le graphe en réduisant le nombre de nœuds et d'arcs :

- On crée un MNT sur lequel on définit un espace praticable formé de nœuds accessibles ou pas, en fonction de la pente et des caractéristiques géomorphologiques.

- On calcule par un automate cellulaire tous les chemins pouvant exister entre les parkings et les curiosités naturelles en fonction d'une double contrainte, la distance et la pénibilité de la pente. Deux hypothèses de cheminement sont programmées soit au plus court soit au plus facile. On obtient ainsi un graphe potentiel, appelé le graphe sentier, de cheminements possibles dont on enregistre les nœuds (respectivement les arcs) sur un fichier "Nœuds" (respectivement un fichier "Arcs").


Digitalisation des courbes de niveau de l'espace
Calcul du modèle numérique de terrain par le programme "3D-IMA" (Laboratoire du C.E.S.A., conception Kamal Serrhini)
Création du P-graphe MNT
Création d'un fichier Noeuds du P-graphe MNT- coordonnées orthogonales tridimensionnelles (x, y, z)
Lecture fichier nœuds
Création d'un fichier Arc. Du P-graphe MNT. Calcul des valeurs de chaque arc (pente, distance relative)
Lecture fichier arcs
Détermination de l'espace praticable
Contrainte de la pente 50 %
Choix des points de diffusion
Points de départ et d'arrivée du déplacement
Choix des contraintes de déplacement
Au plus court
Au plus facile
Choix du trajet
Calcul et choix des nœuds qui formeront le trajet entre les points de départ et d'arrivée
Sortie graphique de la simulation des cheminements potentiels
Création des fichiers du P-graphe sentier
Ecriture des fichiers arcs et nœuds utilisés par les cheminements potentiels
Calculs des itinéraires optimaux (FLOYD)
Fichier
Entrée temps de déplacements maximum ou aire de diffusion (distance maximum)
Création des fichiers
Origine-destination des chemins minimaux
Circuits
Choix des points de diffusion (parking)
Lecture des Fichiers Origine-destination et circuits
Diffusion sur le p-graphe sentier des déplacements
Nombre de fois qu'un arc est utilisé pour un circuit pédestre
Sortie cartographique des impacts des cheminements des déplacements de visiteurs sur les milieux naturels.

A. Le graphe MNT

Le graphe MNT est un graphe qui se construit sur la base d'un Modèle Numérique de Terrain. Dans un premier temps, on définit un espace potentiellement accessible et les différentes caractéristiques nodales du MNT. Le graphe sentier sera obtenu ultérieurement à partir de conditions initiales de déplacement sur le MNT. On définit d'abord un graphe MNT.

L'espace de référence choisi et que nous utiliserons, tout au long de ce chapitre, est un espace naturel des Hautes Vosges sur lequel nous possédons les données disponibles, la réserve naturelle du Tanet et Gazon du Faing se situant sur la crête de la ligne bleue des Vosges.

1). Le graphe MNT

Un MNT est un maillage de points réguliers en fonction d'une distance que l'on appelle la distance du pas. Les points peuvent être placés les uns à côté des autres suivants deux règles :

- Soit en fonction d'une distance régulière : tous les points sont équidistants, on obtient alors un maillage triangulaire, chaque nœud possédera six nœuds connexes.

- Soit en fonction d'une répartition des points en lignes et en colonnes équidistantes : on obtient un maillage carré où tous les nœuds possèdent huit nœuds connexes.

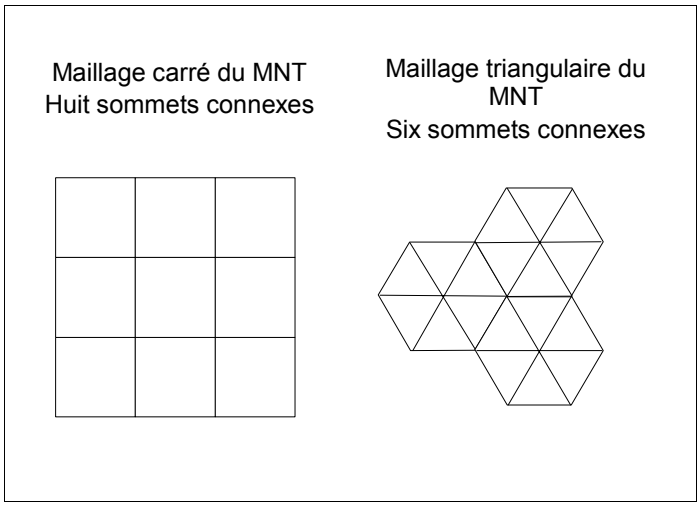


Figure 42: Deux types de maillages d'un MNT

Le MNT est obtenu après une méthode de numérisation des courbes de niveaux d'une carte IGN au 1/25000[268].

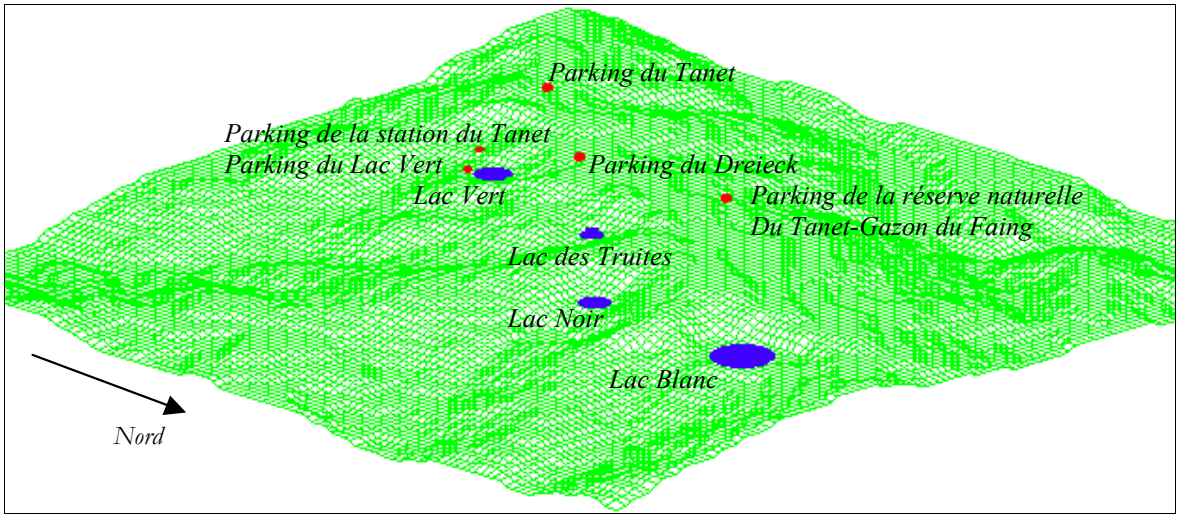


Figure 43 : Vue en trois dimensions du Modèle Numérique de Terrain de la réserve naturelle du Tanet et du Gazon du Faing (Massif des Hautes Vosges).

L'espace est formé par un maillage de nœuds définis par trois coordonnées (x, y, z). La distance plane du pas (distance entre deux nœuds) du MNT est de 80 mètres et de $80 \times 2^{1/2}$, pour les quatre nœuds connexes placés en diagonale.

L'espace est formé par une matrice carrée de 2 500 nœuds et donne un espace de 4 kilomètres de côté et de (50×50) nœuds. Nous avons choisi ce format, car il représentait un bon compromis entre :

- Une couverture spatiale d'un espace naturel (16 km2) qui permet de prendre en compte une surface qui intègre les différents rayons des aires de diffusion,

- Un pas de distance entre les nœuds suffisamment précis pour appréhender les déplacements pédestres sur les milieux naturels,

- Des temps de calculs : la capacité de calcul de l'ordinateur est un facteur limitant. Si l'on décide de diviser la distance du pas, on multiplie le nombre de nœuds par le

[268] Mise au point au laboratoire du CESA par K. Serrhini pour ses travaux sur la visibilité, Serrhini (K), 2000. "*Evaluation spatiale de la covisibilité d'un aménagement. Sémiologie graphique expérimentale et modélisation quantitative.*" Thèse de doctorat en Aménagement de l'espace et Urbanisme, Tours.

carré du diviseur, les calculs deviennent alors très lourds[269].

La configuration du MNT peut être affinée en diminuant le pas entre deux nœuds en fonction de la puissance de l'ordinateur[270]. L'ensemble des informations concernant les nœuds sont contenues dans le *Fichier Nœuds*.

2). Les nœuds MNT

Les nœuds structurent le graphe et sont classés en deux catégories. Les premiers sont appelés nœuds simples et n'ont pas d'affectation particulière, ils forment la structure maillée du MNT. Les seconds, appelés nœuds "remarquables" sont des nœuds simples qui possèdent une affectation qui les caractérise par la fonction qu'ils possèdent sur l'espace. Ils sont déterminés par l'opérateur après une analyse spatiale[271] de la fréquentation et intégrés dans le *Fichier Nœuds*. Quatre types de nœuds remarquables sont définis :

- Les nœuds parkings, appelés aussi nœuds "Fixation".

- Les nœuds "Point de passage obligatoire" qui sont des points incontournables de l'espace par lesquels il faut passer pour atteindre d'autres sites (cols, croisée des chemins).

- Les nœuds "Arrêt" qui sont les curiosités naturelles (sommets, lacs, éperons rocheux...).

- Les nœuds "Interdits" qui ne peuvent être empruntés par des promeneurs (plan d'eau, falaises, réserve naturelle protégée intégralement, propriétés privées...).

Nom	*Code du nœud*	*X*	*Y*	*Z*	*Code type nœud remarquable*
		Coordonnées kilométriques			*Fixation = 1* *Arrêt = 2* *Simple = 5* *Passage obligatoire = 3* *Interdit = 4*

Tableau 35 : Format du fichier nœud MNT

[269] Pour les calculs des chemins minimaux si on double le nombre de nœuds, on multiplie par 8 le temps de calcul.

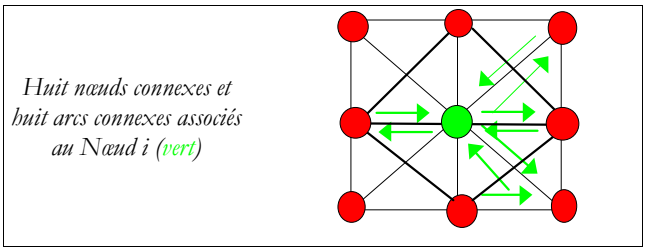
[270] Mais il est aussi possible d'utiliser une définition multi-échelles élaborée par K. Serrhini au Laboratoire du CESA. Cette technique permet d'obtenir localement une résolution à plus grande échelle. Serrhini (K.), "*Evaluation spatiale de la covisibilité* ... op; cit.

[271] La détermination de ces nœuds se fait à partir d'observations sur le terrain et sur la base d'une analyse stéréoscopique des photographies aériennes qui consiste, à partir des impacts laissés sur les milieux naturels, à identifier les principaux points structurants les sites naturels (Decoupigny (F.), "*Etude fréquentation*... op. cit.).

3). Valuations des arcs MNT orientés

La valuation des arcs consiste à attribuer pour chaque arc, reliant deux nœuds connexes, des caractéristiques de déplacements pédestres qui seront utilisées lors des calculs de simulation des déplacements des individus sur un milieu naturel.

La construction du fichier arc est calculée à partir du fichier MNT des nœuds. Le modèle va créer, à partir de chaque nœud, un arc pour tous les nœuds connexes. C'est-à-dire que pour chaque nœud, il existe huit arcs qui relient un nœud à ces huit nœuds connexes (plus proches voisins). Entre deux nœuds, il existe deux arcs, tous deux orientés.



Le modèle calcule des valeurs qui déterminent les caractéristiques métriques de l'arc orienté qui seront utilisées pour la modélisation des contraintes de déplacements pédestres :

- La distance plane de l'arc (distance sur un plan de projection (x, y)).
- La distance euclidienne de l'arc (distance réelle entre les deux nœuds).
- La pente de l'arc : *Pente = Delta z / Distance Plane.*

A ces distances métriques, on associe le fait que le marcheur se déplace moins vite en montée et plus vite en descente[272]. Pour cela nous allons attribuer une pénibilité qui sera dépendante de la pente, une pénibilité de descente et de montée. Nous différencions le fait que les indices ne sont pas symétriques. Les pénibilités de montée et de descente ne sont pas des valeurs proportionnelles, la descente n'est pas aussi facile que la montée est difficile.

$$I.P.M. = 1 / (Pente)^2 \quad et \quad I.P.D. = 1 - (Pente)^2$$

Où *I.P.M.* et *I.P.D.* sont respectivement l'indice de pénibilité de montée et de descente du déplacement entre deux nœuds connexes.

[272] Dans la mesure où la descente est praticable et que les déplacements ne peuvent se faire que sur des pentes qui

Ces indices ne sont valables que si *Delta z < Distance Plane* , sinon la pente dépasse 45° ou 50% et la montée devient alors moins pénible que la descente. Or ce calcul est recevable dans la mesure où l'on considère qu'il existe des pentes sur lesquelles les individus ne peuvent marcher, en général un visiteur ne se jette pas d'une falaise pour arriver plus vite en bas. Au-delà d'un certain pourcentage, il n'y a pas de cheminement possible car le calcul de l'indice de pénibilité de descente devient totalement irréaliste. La limite de la pente est fixée à 35° voir 37° pour certaines pentes de dunes, soit environ 50%. Ce chiffre correspond aux limites physiques des pentes les plus fortes que l'on peut trouver dans la nature[273]. Pour exemple, dans les gorges du Verdon, même à l'endroit le plus étroit, la pente totale entre le point le plus haut et le point le plus bas n'excède pas 50%.

Le principe de la pénibilité consiste à réduire la distance euclidienne dans le cas d'une descente et à l'augmenter dans le cas d'une montée afin de prendre en compte les gains ou les pertes de temps engendrés par le relief. Pour chaque arc orienté, on affecte la pénibilité pour obtenir la *distance relative de montée* (*D.R.M.*) et la *distance relative de descente* (*D.R.D.*)

$$D.R.M. = Distance\ Euclidienne \times I.P.M. = Distance\ Euclidienne\ /\ (Pente)^2$$

$$D.R.D. = Distance\ Euclidienne \times I.P.D. = Distance\ Euclidienne \times (1 - (Pente)^2)$$

On obtient ainsi un déplacement qui tient compte de la pente et de la pénibilité qu'elle engendre. Cette *distance relative* (en mètres), entre deux nœuds, donne l'équivalent de la distance à parcourir si elle était sur une surface plane. Si la *D.R.M.* d'un arc est de 250 m, cela veut dire que pour une vitesse de marche constante, le marcheur mettra, pour faire les 80 mètres sur une pente de 60%, l'équivalent en temps d'un déplacement de 250 m sur une surface plane. Ceci nous permettra ultérieurement de prendre en compte, dans les différents cheminements, le gain (respectivement la perte) de temps qu'engendre un déplacement en descente (respectivement en montée).

Code du nœud origine	*Code du nœud destination*	*DisPlane*	*DisEucli*	*Pente*	*IPM*	*IPD*	*DRM*	*DRD*

Tableau 36 : Format du fichier arc pédestre du graphe MNT

n'excèdent pas un certain pourcentage. Au-delà de cette valeur, la descente devient dangereuse et limite la vitesse de marche.

[273] Derruau (M.), "Précis de géomorphologie", septième édition, Masson. p. 24.

B. Le graphe sentier

Le graphe sentier est le graphe partiel des cheminements potentiels existant sur le graphe MNT obtenu suite à une modélisation des trajets aller et retour entre tous les points remarquables du graphe MNT.

La construction de graphe sentier consiste à calculer sur le graphe MNT, un graphe potentiel de cheminements, entre tous les points remarquables qui structurent le graphe MNT, en traçant tous les trajets aller et retour entre deux points remarquables (à l'exception des noeuds "interdits"). Lorsque tous les cheminements potentiels ont été calculés sur le graphe MNT, on supprime tous les nœuds et les arcs qui n'ont pas été utilisés par un cheminement. De fait, on réduit le nombre de nœuds et d'arcs et on obtient un graphe simplifié du graphe MNT appelé graphe sentier. Les nœuds et les arcs du graphe sentier ne représentent que les arcs et les nœuds utilisés pour des cheminements existants du graphe MNT.

Le graphe sentier est donc le graphe partiel du graphe MNT. Il représente le réseau potentiel de sentiers existant sur le graphe MNT. C'est à partir du graphe sentier que l'on calcule les chemins optimaux et que nous déterminons les impacts potentiels des cheminements pédestres.

1). Hypothèses sur contraintes de déplacements

La modélisation des cheminements sur le graphe MNT se fait sous contraintes. Elles sont classées en deux groupes d'hypothèses qui représentent les principales conditions des comportements de déplacement des trois types de visiteurs sur les espaces naturels.

Conditions sur l'espace	*Conditions des comportements de diffusion*	*Hypothèses de déplacements*
1-L'espace est discret *2- L'espace est structuré par un MNT.* *3- Un réseau de points structure l'espace naturel :* *Point de fixation (parkings)* *Point d'arrêt (contemplation)* *Point de passage obligatoire (croisée de sentiers)*	*1- Pas de cheminement possible sur des pentes supérieures à 50 %.* *2- Pénibilité engendrée par le relief.* *3- Les flux de fréquentations se diffusent à partir des points de fixation (les parkings).* *4- Le déplacement se fait "à vue".* *5- Les visiteurs connaissent la localisation des curiosités naturelles.* *6- Les déplacements s'organisent sur le réseau des points remarquables et sont circonscrits dans les aires de diffusion.*	*Loi du moindre effort : Déplacements par chemins minimaux en fonction d'une optimisation soit du chemin le plus court, soit du chemin le moins pénible.*

Le premier groupe concerne les contraintes liées à la structure de l'espace comme les pénibilités engendrées par le relief et les capacités physiques des visiteurs, les points d'accès à l'espace naturel et la localisation des curiosités naturelles. Quant au second type d'hypothèses,

elles ont trait aux facteurs limitant les déplacements qui sont liés à des comportements de diffusion et de pratiques récréatives des visiteurs sur l'espace naturel.

2). Un modèle qui génère un espace

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.

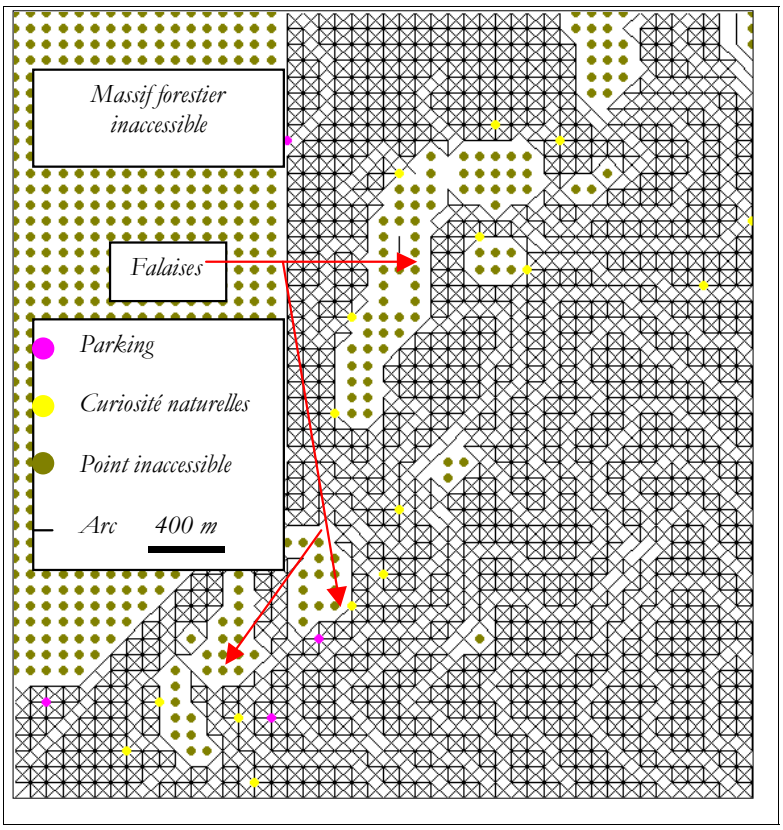


Figure 44 : Espace praticable du MNT de la réserve naturelle du Tanet et Gazon du Faing

Nous avons ainsi déterminé un espace sur lequel nous pouvons commencer à simuler des déplacements pédestres.

3). Détermination du graphe potentiel de cheminement

Cette opération consiste, sur le graphe du modèle numérique de terrain, à tracer de tout point remarquable à tout autre, tous les cheminements aller et retour qui peuvent exister entre les

nœuds "remarquables" (à l'exception des nœuds "interdits"). Le processus de cheminement se fait de nœud en nœud selon une diffusion connexe-8 (*Figure 45*). 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.

a). Vers un modèle d'automates cellulaires

Il s'agit ici de prendre en compte des déplacements pédestres sur les milieux naturels. Nous possédons peu d'informations sur les processus de choix qui dépendent des interactions entre les perceptions et les activités de déplacements. Une des manières possibles d'aborder le problème consiste, à partir des observations faites sur les Hautes Vosges, à considérer que les impacts relevés sont consécutifs à des comportements de groupes déterminés.

L'objectif de la diffusion est de simuler un déplacement du point départ (Pd) à un point d'arrivée (Pa) 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.

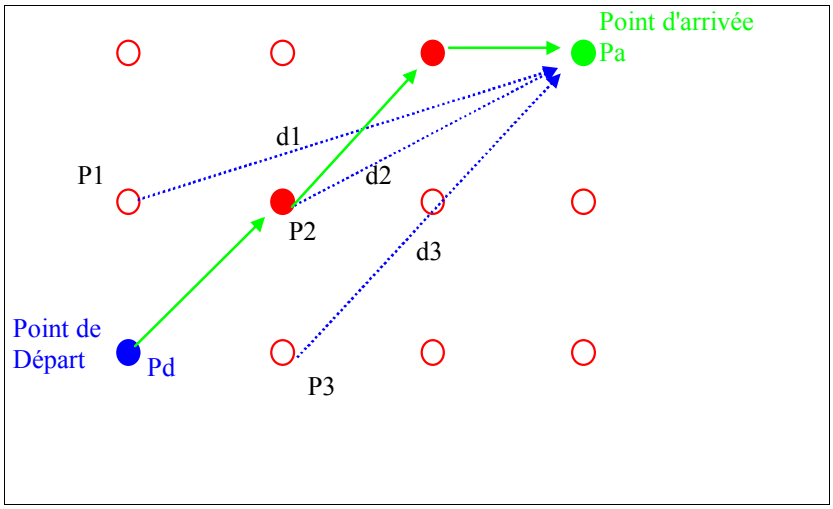


Figure 45 : Choix et processus de diffusion du cheminement

Le choix du nœud connexe lors d'un cheminement se fait en tenant compte de deux distances, la distance qui sépare le nœud de départ (Pd) aux nœuds connexes (P1, P2, P3) à atteindre pour continuer le déplacement et la distance qui sépare le nœud (P1, P2, P3) et le nœud

d'arrivée (Pa). Cette dernière correspond à la distance "vol d'oiseau[274]" qui existe entre les deux nœuds. Cette hypothèse postule que les visiteurs se déplacent sur les milieux naturels "à vue", c'est-à-dire qu'ils organisent leur cheminement en fonction d'une direction et non pas d'une connaissance parfaite du milieu naturel et de ses distances.

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 point à atteindre.

Le choix du nœud connexe à atteindre se fera en minimisant les deux distances. En reprenant la *Figure 45*, trois choix de déplacements, vers les nœuds connexes P1, P2 et P3, sont possibles pour se diriger de Pd vers Pa.

Le modèle compare les distances des trois triplets points *(Pd, P1,Pa), (Pd, P2,Pa), (Pd, P3,Pa).*

$$\textit{Triplet choisi} = Min\{d(Pd, P1)+d(P1, Pa); d(Pd, P2)+d(P2, Pa) ; d(Pd, P3)+d(P3, Pa) \}.$$

Le premier terme est connu ou vu, le second simplement estimé, d'où une importance de fait beaucoup plus grande du premier terme.

Le nœud choisi sera celui pour qui la distance du triplet sera la plus petite si et seulement si l'arc existe entre le nœud Pa et le nœud connexe choisi (P1 ou P2 ou P3) et si il est praticable (inférieur à une pente de 50 %). Dans le cas contraire, un autre nœud connexe sera choisi et ainsi de suite. S'il n'existe plus, dans les nœuds connexes, une possibilité de diffusion, la diffusion s'arrête et le nœud Pa ne peut être atteint, le modèle ne fait pas revenir en arrière les cheminements qui n'ont pas atteint leurs cibles.

[274] Distance euclidienne entre deux nœuds.

b). 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, ou le chemin qui nécessite le moins d'effort.

La définition du graphe des cheminements potentiels de tout nœud remarquable à tout autre se fait donc en fonction des deux hypothèses de déplacements. Pour se rendre sur un nœud connexe (P1, P2, P3), soit les individus choisissent le chemin le plus facile, soit le plus court.

- Contrainte de cheminement au *"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 qui possède la distance relative la plus faible, ce qui permet d'associer au chemin le plus facile la pénibilité minimale. Donc en fonction de la variation des altitudes, on prendra la *DRM* (respectivement la *DRD*) entre le point Pd et les nœuds connexes P1, P2, P3 si la variation des altitudes $\Delta z < 0$ (respectivement si $\Delta z > 0$)

- Contrainte de cheminement au *"Plus Court"*

Dans le second cas, le choix du nœud connexe se fait en minimisant la distance euclidienne entre le point Pd et les nœuds connexes P1, P2, P3, sans faire intervenir les pénibilités. Mais le programme garde en mémoire la distance relative de l'arc parcouru. 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.

c). Les visiteurs comme agents spatiaux

À plusieurs reprises, au cours des observations sur les hautes Vosges, nous avons pu constater que les visiteurs empruntaient des chemins différents au retour même dans le cas d'une

promenade en aller et retour. C'est-à-dire, qu'en fonction de la configuration du site, nous avions des sentiers qui ne servaient qu'à la descente ou qu'à la montée.

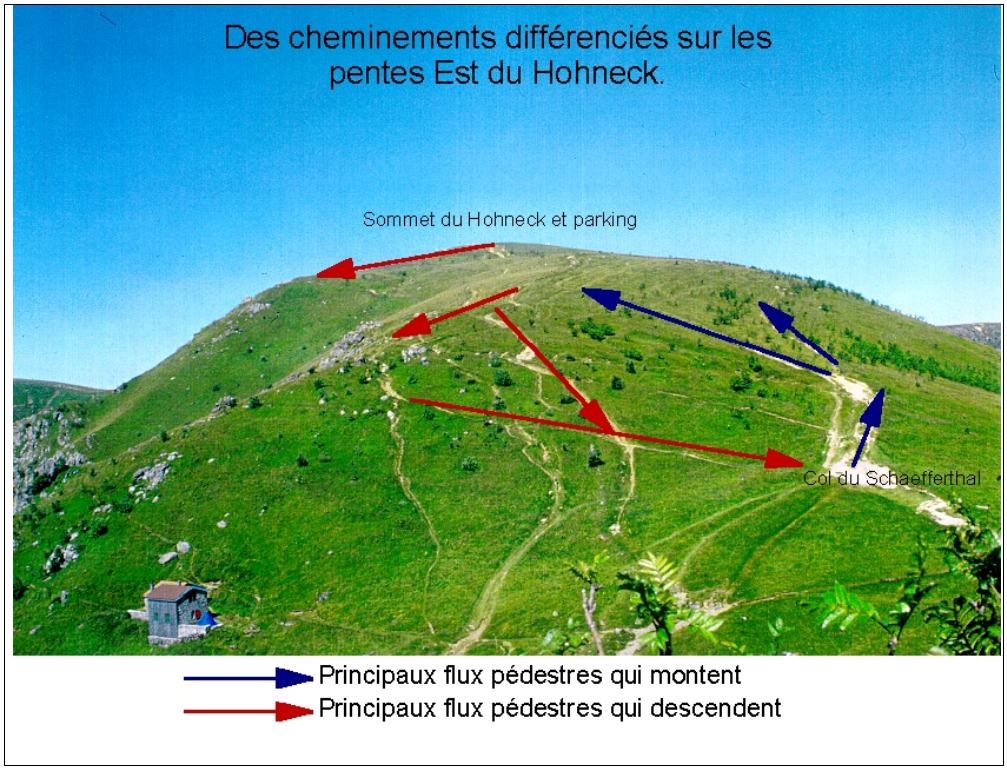


Figure 46 : Exemples de déplacement aller et retour différencié (Etude Fréquentation des Hautes Vosges)

L'étude des déplacements dépend de la complexité des interactions entre des capacités de charge démographiques[275], sociologiques[276]et écologiques sur les sites naturels. Elles impliquent des comportements de déplacements différents des visiteurs sur les pentes.

Elles sont liées à la nature et au nombre de variables qui exercent une influence sur l'utilisation du sol à des fins d'activités récréatives de plein air. Une étude[277] montrait que, sur 139 individus (répartis en 44 groupes espacés de 57 mètres) qui montaient et 14 personnes (en 4 groupes espacés de 620 mètres) qui descendaient par heure, les groupes ascendants rencontraient des groupes descendants toutes les 15 minutes alors que les groupes descendants croisaient des groupes montants toutes les 1.35 minutes, créant ainsi une effet de sur-fréquentation plus important. L'auteur en déduit une vitesse moyenne de 2.5 km/h ce qui correspond à une vitesse moyenne de 0.8 km/h en montée et de 4.2 km/h en descente.

[275] Capacité maximale d'accueil en nombre de visiteurs que le site peut recevoir.
[276] La concentration de visiteurs sur un site génère des gènes chez l'individu. Il existe pour chaque individu un niveau de densité humaine à partir duquel le visiteur ressent un gène.
[277] Satchell, "*Les effets de la récréation sur l'écologie* ..., op. cit.

Nous pensons que cette façon d'évaluer la vitesse de marche moyenne est trop liée aux caractéristiques géomorphologiques locales. Nous pensons qu'il est plus pertinent d'attribuer une vitesse moyenne de marche[278] de 3 à 4 km/h qui fluctue plus ou moins en fonction de la pénibilité de la pente.

En parallèle, nous avons des comportements de déplacements assujettis aux capacités physiques des individus. Dans une autre étude[279], on a constaté une dispersion latérale des marcheurs sur les sentiers de 27 % en descente et de 6 % en montée. Les individus se déplacent sur les espaces naturels en fonction d'une perception visuelle, en descente la vue étant dégagée, les visiteurs anticipent des croisements provoquant des coupures de lacets[280], lors de l'ascension, les marcheurs suivent le sentier sans dévier du cheminement.

4). calcul des cheminements potentiels sur l'espace naturel.

a). Prise en compte de l'aller et du retour

La contrainte de déplacement implique que les cheminements peuvent être très différents lors du retour. En effet, la structure du déplacement (nœuds et arcs utilisés) peut varier, car les déplacements se déterminent en fonction de la localisation de l'individu sur le graphe MNT et de la pénibilité des nœuds connexes et non sur un choix d'un trajet pris dans sa globalité.

Ceci est possible car si le déplacement tient compte d'une direction générale, il se fait sans anticipation, c'est-à-dire que le visiteur choisit le tronçon le plus court (ou le plus facile) sur de petites distances (entre deux nœuds). Ce qui implique que le cheminement peut bifurquer en fonction de la pénibilité à venir.

Supposons qu'un visiteur arrive à un col et qu'il se présente à lui deux sentiers dont il ne voit pas les prolongements. Les deux chemins mènent au sommet, mais l'un d'eux paraît moins abrupt que l'autre. En décidant d'emprunter le chemin qui paraît le plus facile au départ, le promeneur risque de voir la pénibilité augmenter au cours de son trajet ou de voir la distance s'accroître considérablement car il aura tendance à suivre les courbes de niveau de la pente.

Le schéma ci-dessous montre de quelle manière la différenciation des cheminements aller et

---

[278] Thenoz (M.), "*La pratique touristique estivale et son impact dans un espace protégé : le cas de la Vallouise dans le parc national des Ecrins*", Revue de Géographique de Lyon, n°3, 1981. p.275-302.
[279] Satchell, "*Les effets de la récréation sur l'écologie* ..., op. cit.
[280] Thenoz (M.), "*La pratique touristique estivale* ... op. cit.

retour se fait dans le modèle, en fonction de la prise en compte des distances relatives de montée et de descente.

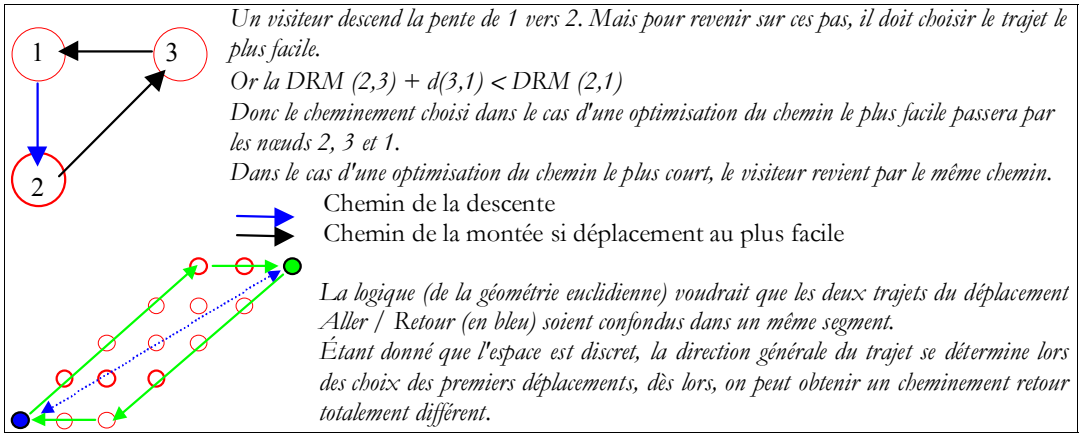


Figure 47 : Deux cheminements différents pour un aller et un retour

La carte de la figure ci-dessous montre la capacité du modèle à différencier le cheminement aller et retour s'opérant sur le graphe MNT.

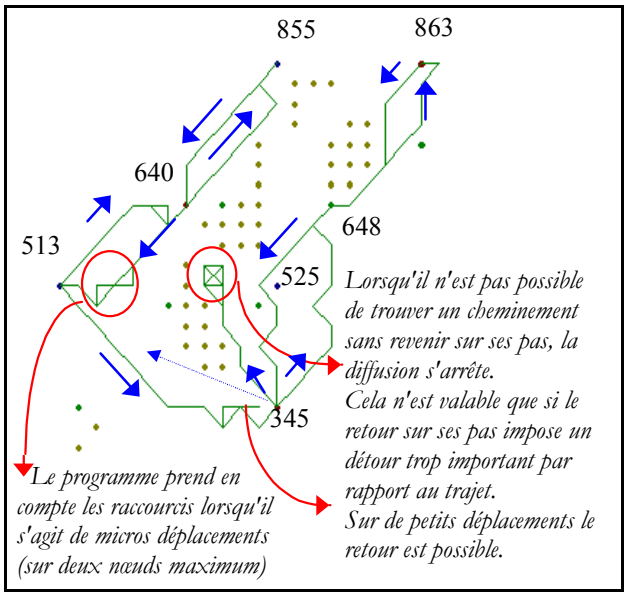


Figure 48 : Exemple de cheminements obtenus par l'automate cellulaire

b). Cartographie des résultats

Les figures du graphe MNT, ci-dessous, permettent de visualiser les résultats des calculs de cheminements et de les superposer sur des cartes IGN au 1/ 25 000 afin d'évaluer la validité des simulations obtenues.

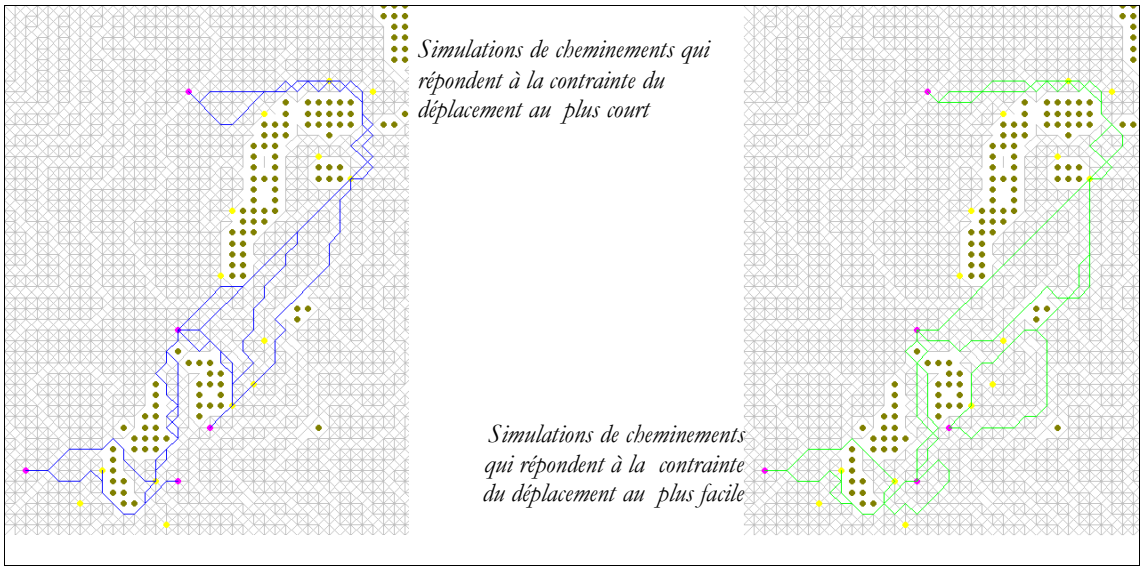


Figure 49 : Exemple de cheminements aller et retour obtenus sur le graphe MNT du Tanet

Le modèle donne la possibilité de vérifier en temps réel la validité des cheminements en reportant les résultats obtenus par l'automate sur une carte IGN.

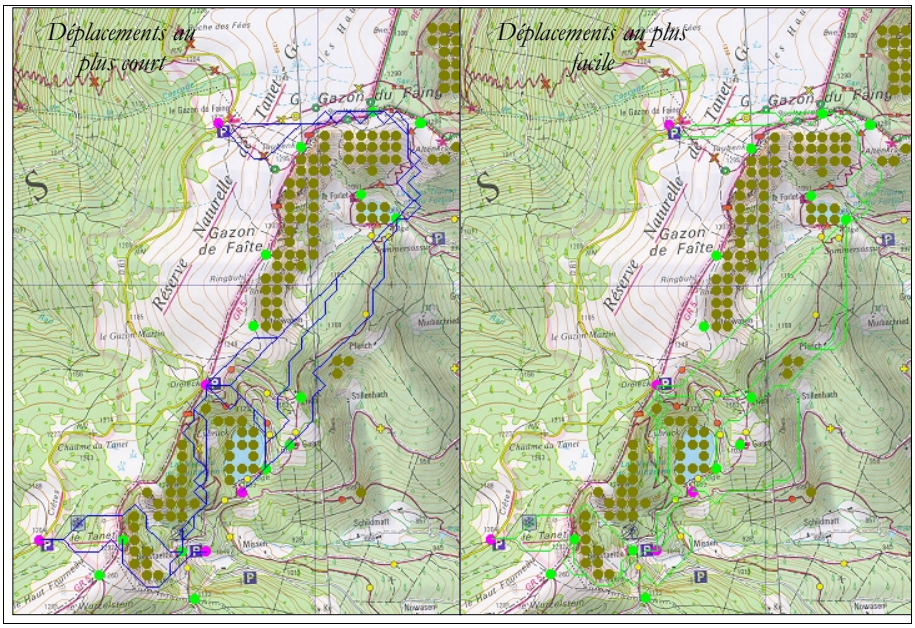


Figure 50 : Visualisation des résultats sur un fond de carte IGN

Les cheminements "aller" ne correspondent pas aux cheminements "retour". Comparés à une carte I.G.N., on constate qu'il n'existe, dans certain cas, qu'un cheminement sur les deux, ce qui semblerait indiquer qu'il pourrait se produire un processus de sélection des cheminements.

Dans ce cas, le cheminement existant pourrait fournir une information importante quant aux

sens des flux de fréquentations. Ainsi, en comparant les résultats de la simulation avec une carte ou une photographie aérienne on pourrait, en première analyse, déterminer *grosso modo* les principales tendances des pratiques de déplacements sur un site.

5). Edition du graphe sentier

Le principe de la construction du graphe sentier consiste à éditer tous les déplacements aller et retour qui existent entre les différents points remarquables (à l'exception des "points interdits") du graphe MNT.

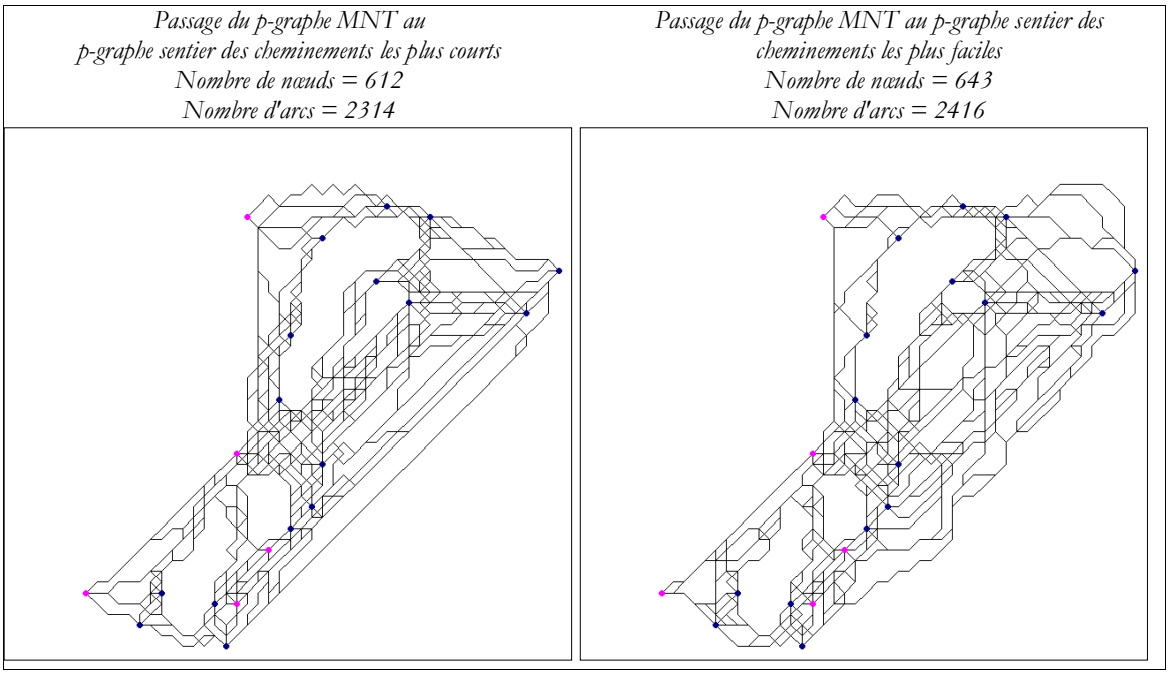


Figure 51 : Passage du graphe MNT au graphe sentier

Lorsque tous les déplacements ont été calculés, on enregistre, sur des fichiers, les nœuds et les arcs qui ont été utilisés pour un cheminement. On obtient ainsi un graphe épuré des nœuds et des arcs qui ne sont pas empruntés.

C. Le calcul des cheminements pédestres

1). Transformation de l'hypothèse de déplacement des visiteurs

Au regard des résultats obtenus par l'automate cellulaire, nous avons un espace potentiel de cheminement où il n'apparaît pas de cheminements préférentiels. Le modèle a besoin d'être affiné et adapté à des contraintes de déplacements plus fines qu'un simple automate cellulaire.

Le modèle ne fait que décrire des cheminements potentiels sur un espace naturel, lorsque l'on multiplie les simulations, on obtient un maillage, mais aucune information sur les chemins 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.

Nous avons supposé précédemment que l'automate cellulaire se déplaçait sans anticipation. Si cette hypothèse était pertinente pour élaborer un graphe potentiel de cheminement, elle devient irrecevable pour des visiteurs qui se déplacent sur un espace naturel.

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 supposerons que les individus se déplacent d'un point à un autre en optimisant le cheminement sur un réseau potentiel *("Plus facile"* ou *"Plus Court")*.

On suppose ainsi que les visiteurs vont choisir sur le graphe sentier, les chemins les plus courts qui mènent d'un parking à un site naturel en fonction des seuils de déplacements liés aux aires de diffusion.

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 plus rapidement possible.

Cette notion de rapidité est nuancée de fait par l'hypothèse de déplacement au "*Plus Facile"* qui relativise cette notion de minimisation de parcours qui semble à première vue ne pas correspondre à l'idée que l'on se fait d'une promenade.

De plus cette hypothèse reprend une observation fondamentale faite en première partie concernant les trois facteurs de fréquentation des sites sur un espace naturel, accessibilité des sites naturels aux parkings, préservation et sécurité. Nous avons vu que l'une des

caractéristiques des sites fréquentés est son accessibilité au parking. Même si le visiteur ne coupe pas au plus court pour se rendre sur un site, son déplacement est régi par une optimisation relative des cheminements sous contrainte. C'est pour cela que nous avons différencié les deux types de déplacements, *"Plus Court"* et *"Plus Facile"*.

Finalement, on optimise un parcours qui est composé par des cheminements potentiels qui ne correspondent pas uniquement à des contraintes de déplacements qui minimisent la distance. Le calcul des chemins minimaux fournira des résultats totalement différents puisque les "inputs" et les conditions initiales (graphe des cheminements potentiels) seront différents entre un déplacement *"Plus Court"* et *"Plus Facile"*.

2). Principe du calcul des cheminements

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"*.

Les calculs suivent les mêmes protocoles de calculs que ceux de la recherche des trajets voiture sur le graphe routes (recherche des arcs minimaux et calcul du Floyd orienté). On obtient alors pour les deux graphes sentiers, un fichier origines - destinations des chemins optimaux et les fichiers circuits des nœuds intermédiaires des sous chemins pour chaque couple origine-destination.

Ensuite, à 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.

Les impacts des cheminements seront 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 ont été calculés.

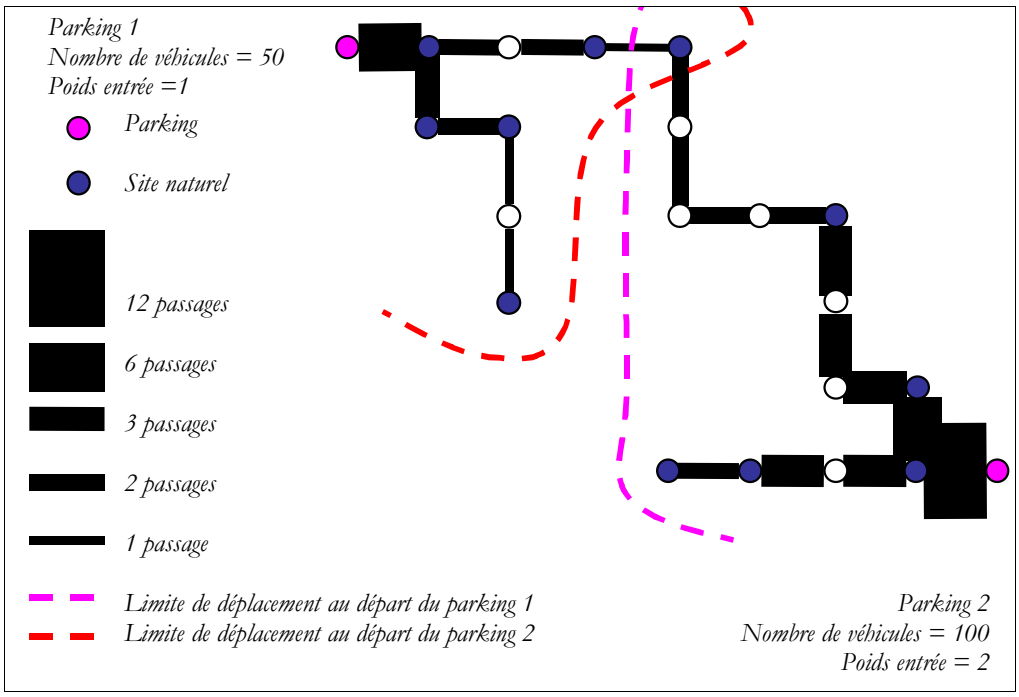


Figure 52 : Impacts générés au départ de deux parkings qui possèdent des quantités de flux entrants différentes

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 pourrons voir si les impacts engendrés par les déplacements correspondent à des promenades en aller et retour ou en boucle.

Nous pensons qu'une des meilleures méthodes pour vérifier les formes de déplacements récréatifs sur les aires de diffusion est de comparer les résultats des simulations avec les impacts existants sur les sites naturels à l'aide de photographies aériennes.

On pourra ainsi déterminer les conditions de formation des impacts sur les milieux naturels et vérifier l'hypothèse selon laquelle les flux pédestres s'organisent sur les aires de diffusion autour des parkings.

3). Conditions des simulations des déplacements

Sur les deux graphes sentiers (*"Plus Facile"* et "*Plus Court*"), nous calculons les cheminements sous contrainte d'un déplacement maximum qui correspond aux aires de diffusion des 500, 1000 et 3000 mètres. C'est-à-dire que pour chaque point d'entrée sur le réseau, on va calculer les cheminements probables qui mènent du parking aux curiosités naturelles (points "arrêt") puis les cheminements de circulation entre les différentes curiosités.

Les conditions initiales des simulations respectent les temps de déplacements correspondant aux aires de diffusion des différents types de visiteurs.

	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*	*20*	*60*
Distance maximum parcourue	*500*	*1000*	*3000*

En fonction d'un temps de déplacement limité, on calcule les cheminements d'accès aux curiosités naturelles. La pression anthropique sur les milieux naturels se lit au travers de sorties cartographiques que l'on peut comparer avec des photographies aériennes, afin d'évaluer la pertinence du modèle à simuler un réseau probable de cheminements.

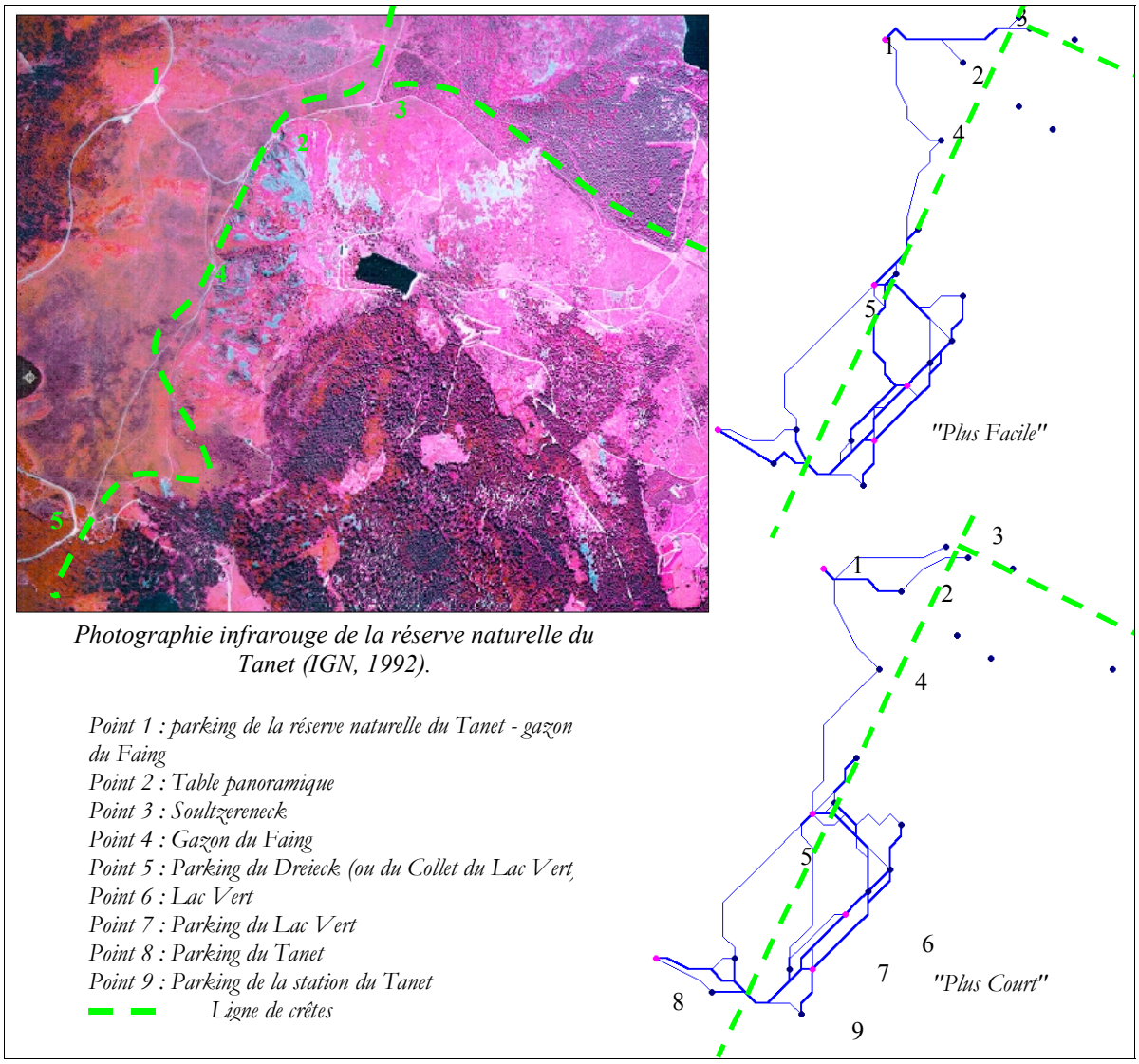


Figure 53 : Comparaison d'une simulation de cheminements pour un déplacement de 20 minutes dans une aire de diffusion de 1000 mètres

La comparaison des simulations avec une photographie aérienne nous permet de juger de la validité des résultats obtenus. Comme nous ne procédons pas à un calcul d'ajustement, il ne nous est pas possible de savoir si les simulations se vérifient sur l'espace naturel. Au regard de la figure ci-dessus, nous pouvons de cette manière constater que nous retrouvons les principaux cheminements, et que nos hypothèses de déplacements apparaissent justifiées. Mais il est nécessaire de poursuivre les simulations afin d'obtenir des éléments explicatifs à l'apparition de ces impacts sur les milieux naturels (cf. Simulations des impacts des déplacements pédestres, page 295).

Conclusion

Le modèle FRED a nécessité un travail de programmation qui s'est appuyé sur les travaux réalisés au Laboratoire du CESA et nous à permis de nous doter d'un outil intelligible, susceptible de décrire les formes de déplacements des visiteurs sur un espace d'accueil constitué par un réseau de sites naturels.

FRED est un modèle ouvert en ce sens que les conditions des simulations peuvent être changées. En effet, il est tout à fait envisageable de l'appliquer à l'étude des déplacements des individus au départ d'une vallée vers des stations de sport d'hiver, ou à la fréquentation de monuments historiques comme les châteaux de la Loire, comme il peut aussi s'appliquer aux déplacements pédestres en milieu urbain. Il suffit alors d'intégrer, au modèle, des contraintes supplémentaires et les fichiers associés.

Finalement, la caractéristique du modèle est fournie par les données que l'on possède sur un territoire et qui sont intégrées dans des fichiers standards. Il est adaptable à toutes formes de déplacements qui s'opèrent sur un espace qui peut être modélisé par un graphe ou par un carroyage spatial.

L'utilisation de FRED ne se conçoit pas indépendamment du territoire qu'il modélise. Pour notre sujet, elle implique le besoin de posséder des bases de données sur les fréquentations récréatives (véhicules sur les parkings, connaissance des sites et de la masse de l'offre spatiale), nécessaires pour mener des calculs d'ajustement et déterminer les indicateurs spatiaux des déplacements des visiteurs et les fichiers nœuds et arcs associés au type d'espace.

Cette connaissance de l'espace impose au préalable un diagnostic territorial rigoureux. Car comme nous allons le voir, le modèle a besoin d'être calibré pour être utilisable pour des simulations.

Quel que soit le module du modèle FRED, il est construit dans un double objectif.

Le premier, lié à un travail de recherche, doit nous fournir des réponses aux questions que l'on se pose sur les formes de déplacements qui s'opèrent sur les espaces naturels. Est-ce l'accessibilité du site aux villes portes, sa position relative dans le réseau par rapport aux autres sites ou son offre spatiale qui donne à un site son attractivité et poussent les individus à venir s'y promener ? Cette question est centrale et a prédéterminé toute la construction du modèle.

C'est pour cela que le modèle possède une double dimension donnée par ses deux modules de

calculs, le premier sur les formes de déplacements et de répartitions des flux de visiteurs sur un réseau d'accueil et le second sur les cheminements pédestres et les impacts sur les milieux naturels.

Les résultats donnent alors une définition générale des déplacements des visiteurs sur un territoire sous formes d'indicateurs spatiaux qui nous permettent de dire, qui de l'accessibilité, de la position relative et de l'offre spatiale déterminent l'attractivité d'un site.

Le second objectif est de concevoir un outil d'aide à la décision susceptible d'appréhender les déplacements de visiteurs. Le but de cet outil est de simuler des opérations d'aménagement du territoire afin de prévoir les impacts sur la réorganisation des flux de visiteurs sur le réseau d'accueil.

On rejoint ici toute la dimension prospective de la discipline qui doit ouvrir sur une capacité à évaluer non seulement les dysfonctionnements territoriaux, mais aussi à travers les études d'impacts, de mesurer la validité potentielle d'une opération.

Cette dimension prospective ouvre alors sur la notion prescriptive de l'aménagement. Quels sont alors les aménagements qu'il est nécessaire de faire pour limiter ou accentuer certains impacts, augmenter ou baisser l'attractivité de certains sites naturels ?

Chapitre 2. AJUSTEMENTS ET APPLICATIONS

Introduction

Il est bien évident que la programmation informatique du modèle dans la pratique est un incessant aller et retour entre les résultats obtenus et les procédures des algorithmes. Sa construction et son élaboration s'arrête dès lors que l'on pense avoir programmé l'ensemble des processus et des conditions initiales qui régissent les accès et les diffusions vers et sur les espaces naturels.

Ce chapitre a pour but de montrer que le modèle peut répondre à notre question initiale : de quelles manières et façons un site attire-t-il ses visiteurs ou bien de quelle nature est l'attractivité du sites, quelle est la contrainte spatiale dominante ? Dans un premier temps, il est nécessaire d'ajuster les indicateurs spatiaux de nos contraintes spatiales.

Avant toute simulation sur un espace existant, il est nécessaire de calibrer les différents paramètres et élasticités du modèle s'appliquant sur la distance - temps et sur l'offre spatiale naturelle. Ces valeurs correspondent aux indicateurs spatiaux de déplacements que l'opérateur doit rentrer sous forme "d'inputs" dans le modèle afin d'obtenir les probabilités de répartition qui se fait en fonction de la proportion en pourcentages des types de visiteurs, du poids des "villes portes", des valeurs seuil des temps d'accessibilité et d'attraction ainsi que les valeurs des élasticités. Les objectifs et les principes du calibrage du modèle sont de rechercher par ajustement, les indicateurs qui rendent compte des déplacements récréatifs sur un espace naturel. Pour cela, nous allons tester toutes les combinaisons de calculs qui peuvent exister entre les différentes contraintes.

Dans un second temps, à partir des indicateurs obtenus, nous allons simuler différentes répartitions sous contraintes spécifiques afin d'identifier la ou les contraintes spatiales qui donnent une attractivité particulière aux sites. Ces opérations permettent d'isoler les éléments constitutifs des attractivités des sites et d'obtenir les données quantitatives sur les attractivités.

En dernier lieu, en nous servant des résultats obtenus précédemment, nous allons procéder à l'application en aménagement de notre modèle. L'objectif est simple dans son concept. Au-

delà de son utilisation, nous voulons savoir si le modèle FRED, qui est un outil de mesure de la fréquentation des espaces naturels, est susceptible d'aider l'aménageur dans son travail de planification territoriale.

Section 1. Calibrage des indicateurs spatiaux des déplacements

A. Ajustement et calibrage du modèle

1). Principes et objectifs

Le principe du calibrage a pour but, à l'aide de calculs systématiques, d'ajuster les meilleures valeurs des indicateurs afin de connaître les conditions de déplacements sur l'espace ainsi que les formes de pratiques récréatives (aire de diffusion des différents types de visiteurs), l'objectif étant de mener ultérieurement des simulations portant sur des aménagements (ouverture et fermeture de route, création de sites...) et d'évaluer leurs incidences sur les répartitions dans le cadre de politiques d'aménagement.

Le calibrage permet d'ajuster le paramétrage des variables d'entrées du modèle afin de pouvoir déterminer les indicateurs spatiaux des déplacements sur l'espace d'accueil et le poids des contraintes spatiales dans l'attractivité d'un site :

- Temps d'accessibilité du déplacement villes portes / sites.
- Temps d'attraction des déplacements entre les parkings ouvrant sur des sites naturels.
- Les trois élasticités α, β et γ.
- Les proportions en pourcentage des types de visiteurs.

Le résultat de chaque série donne pour tous les sites, des probabilités de fixation que l'on va confronter avec une base de données de comptages parkings. L'ajustement des indicateurs**, pour un espace donné et à une heure donnée**, se fera en comparant les variables simulées et les variables observées :

- Les variables simulées qui sont les probabilités de fixation sur les parkings.

- Les variables observées qui sont les données issues des observations faites au cours des campagnes de comptages, le nombre de véhicules en stationnement à une heure précise.

2). Méthode et conditions des calibrages

a). "Inputs" des variables du calibrage

Nous avons modélisé la diffusion des visiteurs sous trois contraintes spatiales. Chaque contrainte est formalisée analytiquement par des variables et des paramètres.

Contraintes spatiales	Paramètres	Variables des contraintes spatiales	Indicateurs spatiaux
Offre spatiale des sites	*Nai (niveau d'aménagement ou d'équipement du site), Nombre de curiosités naturelles*	*Variables explicatives(aires de diffusion,) Offre spatiale relative : Oi*	*% des types de visiteurs élasticité* α
Attractions absolues du voisinage		*Variables explicatives (Oi, temps attraction) Somme des Attractions Absolues (Iti)*	*t max attractions élasticité* β
Accessibilité des sites aux points d'entrée	*Choix des points d'entrée Poids des flux entrants par les points d'entrée*	*Variables explicatives (Iti, Taccessibilité) Probabilités de fixation : Pi*	*T max accessibilité élasticité* γ

Tableau 37 : Paramètres, variables et indicateurs des contraintes spatiales à ajuster

On calcule, en faisant tourner un algorithme en boucle, une série d'élasticités à partir de plusieurs séries de paramètres (temps de déplacement maximum, typologie des touristes..).

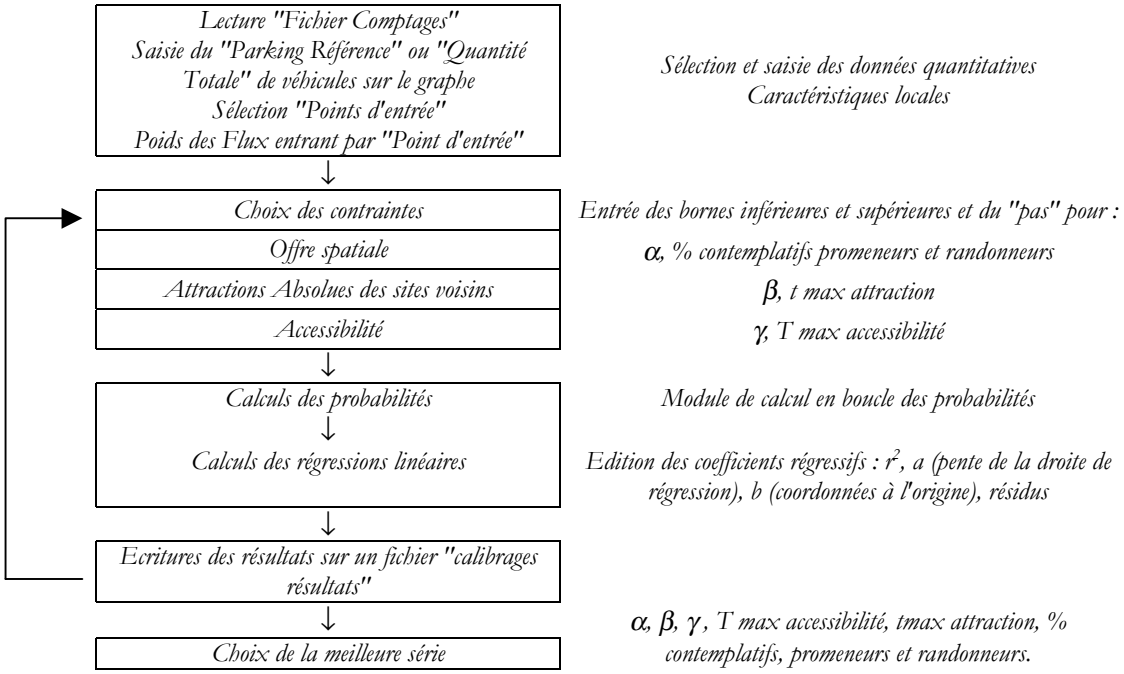


Tableau 38 : Structure du calibrage des contraintes spatiales et de l'ajustement des indicateurs spatiaux

Le choix des meilleurs paramètres et élasticités pour une simulation, sur un espace donné et à une heure fixée, s'effectue après une étude statistique régressive entre les variables simulées et celles observées au cours des comptages parkings réalisés sur le terrain aux heures choisies.

Pour chaque calibrage du modèle, on entre des paramètres dans le modèle, et pour chaque série de paramètres, on calcule les probabilités de répartition sur chaque site puis on compare cette valeur à celle des comptages parkings que nous possédons. Puis dans un second temps, nous procédons à une analyse régressive entre les variables observées et simulées.

Le principe de l'ajustement est de calculer toutes les combinaisons possibles de calculs qui existent entre les différents paramètres. Le tableau ci-dessous détaille les "inputs" du calibrage.

Variables		**Intervalles des valeurs**
Temps d'accessibilité : distance (1) maximum du premier déplacement vers un parking aux départs des villes portes.	*D(1)*	*10 à 60, pas de 1 minutes*
Temps d'attraction : distance (2) maximum d'interaction des sites voisins	*D (2)*	*5 à 35, pas de 1 minutes*
Elasticité (α) de l'offre spatiale naturelle	*(α)*	*0 à 3 , pas de 0.01*
Elasticité (β) de la distance – temps d'attraction	*(β)*	*0 à 3 , pas de 0.01*
Elasticité (γ) des temps d'accessibilité	*(γ)*	*0 à 3 , pas de 0.01*
Part des contemplatifs en %	*Cont*	*0 à 100 %, , pas de 1 %*
Part des promeneurs en % (la part des randonneurs est donnée par la différence des deux premiers)	*Prom* *Rand*	*0 à 100 %, , pas de 1 %*

Tableau 39 : Inputs des données de calibrage des indicateurs spatiaux

b). Calculs de l'ajustement par étape successive

Le but de ce calibrage est de déterminer une série d'indicateurs qui donne la répartition la plus probable telle que les différents indicateurs minimisent la somme des différences des valeurs absolues entre les variables simulées et observées sur les quantités de véhicules stationnés sur les parkings.

Il est bien évident qu'on ne lance pas les calculs sous cette forme car il n'est pas possible de traiter des calculs qui comptabilisent quelques milliers de milliards de lignes. Le calibrage consiste, par approches successives, à cibler les meilleurs résultats et à affiner au fur et à mesure les "inputs" de l'ajustement.

Une calibration représente plus d'un million de lignes et 140 méga d'octets de mémoire. Le modèle FRED transfert les résultats obtenus sur des fichiers "textes" qui sont ouverts dans un tableur (Excel, Lotus, Access...) afin de traiter les données et de sélectionner les meilleurs résultats.

		Etape 1	Etape 2	Etape 3	Etape 4	Etape 5	Résultat
D(1)	Valeurs	10 à 60	35 à 55	40 à 50	42 à 46	44 à 46	45
	Pas	10	5	2	1	1	
D (2)	Valeurs	5 à 35	5 à 25	10 à 20	12 à 16	13 à 15	14
	Pas	10	5	2	1	1	
(α)	Valeurs	0 à 3	0.6 à 2.4	1.4 à 2	1.7 à 1.9	1.8 à 1.9	1.87
	Pas	0.3	0.2	0.1	0.05	0.01	
(β)	Valeurs	0 à 3	0 à 1.2	0 à 0.6	0 à 0.2	0 à 0.0	0
	Pas	0.3	0.2	0.1	0.05	néant	
(γ)	Valeurs	0 à 3	0.8 à 2.4	1.2 à 2	1.5 à 1.7	1.55 à 1.65	1.7
	Pas	0.3	0.2	0.1	0.05	0.01	
Cont	Valeurs	0 à 100	50 à 100	75 à 100	90 à 100	95 à 100	100
	Pas	20	10	5	2	1	
Prom Rand	Valeurs	0 à 100	0 à 50	0 à 25	0 à 10	0 à 5	0
	Pas	20	10	5	2	1	
	Nombre de lignes	630 000	236 250	165 375	46 875	16 335	1
	Nombre de fichiers XLS associés	10 (80Mo)	4 (30 Mo)	3 (20Mo)	1 (6Mo)	1 (2 Mo)	—

Tableau 40 : Etapes successives du calibrage

Pour chaque série d'indicateurs, on obtient une ligne qui détaille les conditions de calculs et les résultats des coefficients de régression linéaire entre les variables simulées et observées. Cette ligne est enregistrée dans un fichier "texte" qui peut-être ouvert sous un tableur.

Temps		Elasticité			Typologie visiteurs (sur une base 1)			Coefficient de détermination r2	Pente de la droite de régression	Coordonnées à l'origine	Somme des résidus
accessibilité	attraction	α	β	γ	Cont	Prom	Rand	r^2 *	a	b	Résidus
45	10	1.4	0.4	1.4	0.4	0.5	0.1	0.8579	0.81	17.56	281
45	10	1.4	0.4	1.5	0.4	0.5	0.1	0.8597	0.81	17.58	279
45	10	1.4	0.4	0.00	0.4	0.6	0.0	0.8488	0.79	19.6	307

Coefficient de détermination qui est le coefficient de Bravais-Pearson (r) au carré

Tableau 41 : Exemple d'un fichier de résultats : 3 séries sur 3 lignes

c). Calculs régressifs

Comme nous l'avons vu précédemment, les probabilités de fixation sont transformées en quantités probables de véhicules stationnés sur les différents parkings du réseau. On va donc comparer cette valeur avec les comptages que nous possédons sur un certain nombre de parkings. Les calculs de régression consistent à comparer deux séries de valeurs quantitatives, l'une simulée, la seconde observée. Nous sommes dans le cas de figure le plus simple de comparaison entre deux valeurs quantitatives. Nous pouvons, dans ces conditions, appliquer les tests simples de régressions linéaires.

En effet, l'objectif du calcul de calibrage est de trouver une série d'indicateurs (D1, D2 ,α, β, γ, % des types de visiteurs) qui donne la solution pour laquelle la droite de régression soit de

type $y=ax+b$, avec une pente $a=1$ et $b=0$, la somme des résidus $R = 0$. On considère que l'optimum est donné si le modèle donne pour une série d'indicateurs la somme des résidus minimale. Si des sommes de résidus étaient égales ou que leurs différentes étaient négligeables (variation de moins de 1 %), on prend le coefficient de détermination r^2 le plus proche de 1.

Nous avons donc procédé aux calibrages des indicateurs sur le graphe Hautes Vosges et le graphe Ecrins, le tout représente à peu près une quantité de 500 Mo d'octets, soit 4 millions de lignes de résultats de fichiers.

B. Conditions initiales sur les Ecrins et les Hautes Vosges

La phase de calibrage et de validation du modèle FRED s'est portée sur l'étude des déplacements des visiteurs sur l'espace des Hautes Vosges et des Ecrins en période estivale, espaces sur lesquels nous disposons d'une somme de données[281].

La calibration sur les Vosges n'a pas posé de difficulté car en ayant fait la campagne de comptages, nous maîtrisons les données brutes et leur traitement. Concernant les Ecrins, la calibration des indicateurs a été plus délicate. D'une part, les données dataient de 1992 et, d'autre part, nous ne possédions que des données de "seconde main"[282].

C'est pour cette raison que les calculs effectués sur les Ecrins et les résultats consécutifs seront analysés avec plus de réserve. Ils serviront principalement à vérifier des éléments mis en évidence sur les Hautes Vosges afin de déterminer les résultats qui relèvent plus de conditions générales que locales, l'objectif du modèle étant de voir s'il existe des propriétés globales émergentes que le modèle est susceptible de mettre en évidence.

Pour les deux espaces, nous avons digitalisé sur l'ensemble du périmètre du Parc Naturel Régional des Ballons des Vosges et du Parc National des Ecrins[283] et de leurs environnements directs : les villes et villages, les parkings et des aires de stationnement sauvages, les curiosités naturelles, c'est-à-dire tous les sommets, les lacs et les sites possédant une mention dans un guide.

---

[281] La campagne de comptages (été 1996), sur les Hautes Vosges, a permis de récolter plus de 1200 comptages réguliers sur une vingtaine de parkings, 1300 relevés de comptages sentiers, 500 questionnaires et environ 500 photographies de sentiers pour fixer les comportements de cheminement.

[282] Nous n'avons pas eu accès aux données brutes de la campagne de comptages. Nous nous sommes contentés de n'utiliser que les résultats publiés dans le document du parc, (Parc National des Ecrins, *"Etude de fréquentations...*, op. cit).

[283] Les cartes IGN de localisations des espaces Vosges et Ecrins se trouvent en Annexe 1 et Annexe 4 .

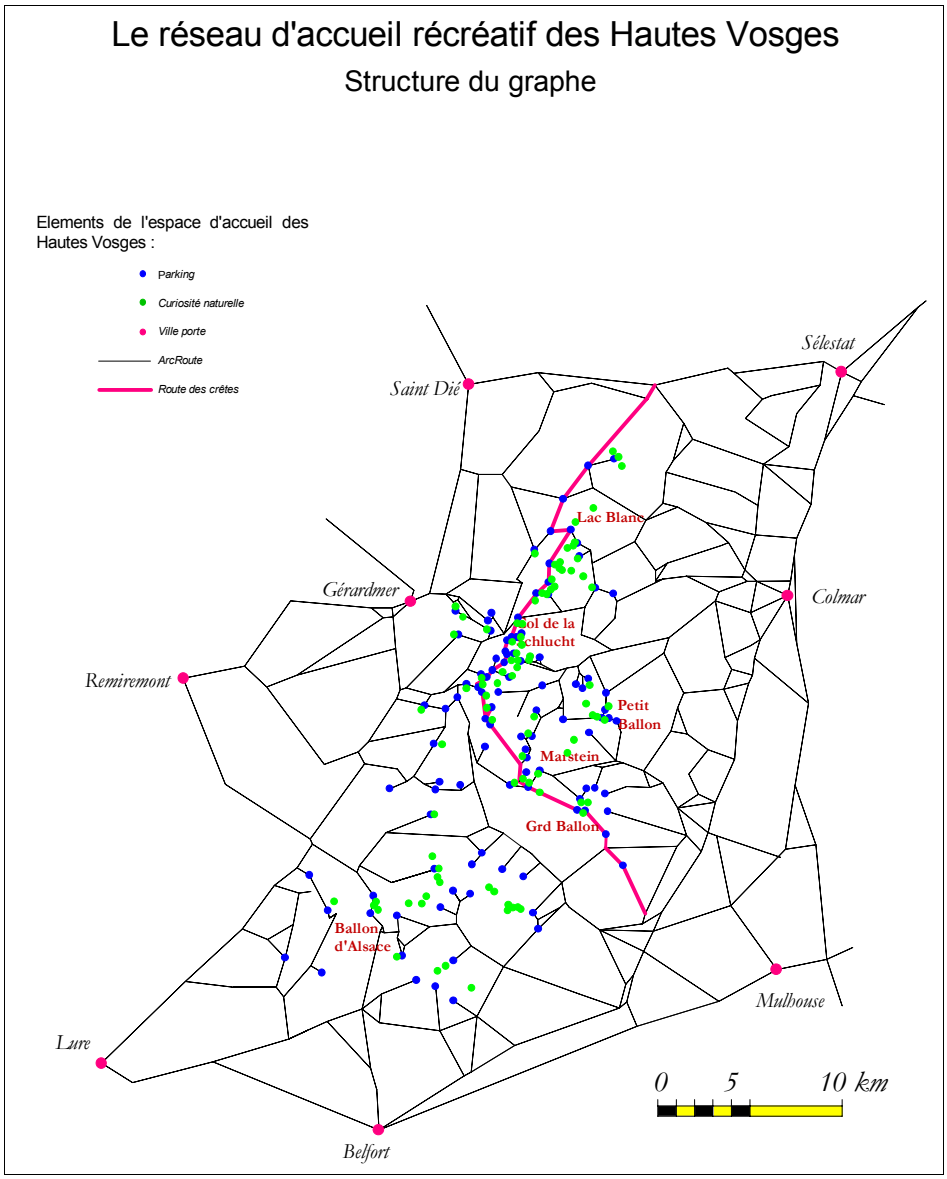


Figure 54 : Structure du graphe route des Hautes Vosges

1). Les valeurs de référence de l'ajustement, l'importance des bases de données sur l'espace

Pour pouvoir comparer les variables simulées et observées, nous devons posséder une base de données et convertir les probabilités de fixation en nombre probable de véhicules stationnés. Pour cette phase, nous avons besoin d'évaluer la quantité des véhicules qui se déplacent sur le réseau : deux possibilités existent.

La première évaluation peut se faire si nous possédons le nombre de véhicules entrants sur le réseau, on peut dès lors traduire les probabilités en quantité. Mais si cette information peut être disponible sur des espaces relativement circonscrits (Vallée non urbanisée, massifs

enclavés...), elle est très difficile à obtenir sur un espace grand comme la moitié d'un département (40 × 80 kilomètres) et fortement urbanisé, où divers types de flux (récréatif, domicile-travail, etc.) se mélangent et rendent difficile l'évaluation du trafic lié à des déplacements de loisirs.

La seconde consiste, sur la base d'un parking de référence, à calculer la quantité globale des flux par rapport à la probabilité de fixation. Ce qui veut dire que les calculs d'ajustement seront dépendants de la fiabilité des données que nous possédons sur ce parking de référence.

C'est ici qu'intervient la base de données sur les parkings et sur les routes touristiques obtenue au cours d'une campagne de comptages. Comme nous l'avons vu précédemment sur les Vosges, nous avons une base de données assez conséquente qui a été élaborée dans l'objectif d'obtenir des bases comparatives entre parkings. Après une analyse spatiale, nous avons déterminé quatre types de comptages sur quatre types de parkings en fonction de leur position sur le massif.

- Un parking (le Col de la Schlucht), compté tous les jours, par des relevés horaires (cf Annexes4). Il est le parking le plus important et situé au centre du réseau.

- Un parking (Sommet du Hohneck), placé au bout d'une voie sans issue, compté en continu sur la journée (huit jours), ouvrant sur le site naturel le plus fréquenté (cf Annexes 4).

- Des parkings comptés par relevés horaires (huit à neuf relevés par jour), localisés sur la route des crêtes

- Des relevés partiels (un à deux relevés aux heures de pointes) sur des parkings localisés en périphérie de la route des crêtes ou sur les versants.

A chaque journée, nous avons compté un groupe de parkings. Et pour toutes les journées, nous avons mélangé, à chaque fois, les groupes, et ceci pendant un mois complet (14 juillet au 15 août 1996).

Cette méthode nous a permis d'obtenir des comptages croisés entre différents parkings et nous offre une base de données fiable qui nous autorise, pour les Vosges, à choisir le Col de la Schlucht comme parking de référence. C'est donc à partir de ce parking que l'on évaluera le nombre de véhicules qui font un déplacement récréatif sur le massif.

	Moyenne 12-13 heures		Moyenne 16-17 heures	
Parking Vosges	**12h15**	**12h45**	**16h15**	**16h45**
Trois Fours	*11*	*9*	*16*	*28*
Trois Fours bis	*29*	*13*	*20*	*25*
Aire pique nique	*17*	*12*	*13*	*17*
Col du Calvaire	*39*		*78*	*54*
Chitelet	*12*	*9*	*17*	*18*
Collet lac vert (Dreieck)	*46*	*45*	*50*	*60*
Gaschney		*144*		
Gazon du Faing	*39*	*33*	*48*	*49*
Lac Noir	*36*			
Lac Blanc	*62*	*53*	*124*	*106*
Louschbach	*7*			
Pied du Hohneck	*47*	*56*	*53*	*60*
Col de la Schlucht	**156**	**196**	**249**	**223**
Sommet du Hohneck	*61*	*73*	*117*	*102*
Steinbruck	*50*			*75*
Tanet	*7*	*7*	*14*	*19*
Tanet Station				*23*
Col du Wettstein	*75*			

Tableau 42 : Comptages parkings utilisés pour le calibrage des indicateurs sur les Hautes Vosges[284]

Pour les Ecrins le choix a été plus difficile, car nous ne maîtrisions pas les bases de données de référence, nous avons alors choisi le parking de référence en fonction du site le plus fréquenté et sur lequel les services du parc ont travaillé : le parking du Pré de Madame Carle.

Parkings Ecrins	Comptage	Code noeud	Heure
Prapic	*137*	*151*	*15h00*
La Bérarde	*165*	*102*	*15h00*
Gioberney	*132*	*114*	*15h00*
Pré de Mme. Carle	*459*	*130*	*15h00*
Valnestre	*40*	*92*	*15h00*
Entre les Aigues	*126*	*135*	*15h00*
Dourmillouse	*121*	*141*	*15h00*
Champoléon	*194*	*153*	*15h00*
Gournier	*70*	*159*	*15h00*

Tableau 43 : Comptages parkings utilisés pour le calibrage des indicateurs sur les Ecrins[285]

2). Les portes d'entrée des flux

L'ajustement du modèle nécessite de sélectionner les points d'entrée et d'évaluer le nombre de visiteurs entrant sur le réseau afin de tenir compte du poids des flux entrants dans les calculs de probabilités. Pour cela, nous avons procédé à des choix. Nous pouvions prendre tous les

[284] Chiffres extraits de la base de données de l'étude de fréquentation sur les Hautes Vosges (cf. Annexe 7)
[285] Chiffres extraits de l'étude de fréquentation faite sur les Ecrins.

nœuds possédant une population et des capacités d'hébergement. Mais la difficulté relevant de ce choix se situe sur la validité des données que nous pouvions posséder.

En effet, il ne nous est pas possible d'estimer le taux de départ des habitants des points sélectionnés. Rappelons que l'étude menée sur les villes alpines[286] a montré que les taux de départ de visite sur les espaces naturels n'étaient pas les mêmes en fonction de la taille des villes. Choisir ces points nécessitent, obligatoirement au préalable, une étude fine sur le taux de départ des habitants et sur les activités à la journée des vacanciers afin de connaître leur espace naturel de destination.

Pour les Hautes Vosges, il aurait fallu enquêter en divers endroits sur les principales agglomérations (Strasbourg, Colmar, Nancy, Metz, Bâle, Fribourg), sur des villes moyennes (françaises, allemandes et suisses) et sur les principales zones d'hébergements sur l'espace afin d'évaluer les taux de départ vers les "régions naturelles" du "grand est" (Alpes Suisses, Jura, Forêt Noire, Ballons des Vosges et Vosges du Nord), sans être sûr que ces derniers pouvaient être significatifs. De plus, cela nécessite de posséder des chiffres sur le nombre de touristes aussi précis que ceux que nous possédons sur les villes avec le RGP de l'INSEE. Il faudrait réussir à donner un nombre de touristes au millier près, et à l'heure actuelle, il n'est pas possible d'évaluer, avec autant de précision le nombre de touristes sur une région[287]. Nous touchons ici une des principales difficultés de la validation d'un modèle qui doit jongler avec des données partielles, incomplètes et par moments, fausses[288].

C'est donc pour cela que nous avons utilisé les comptages routiers des services de l'état (DDE, CETE). Ils sont, certes, réducteurs mais possèdent le grand avantage de respecter des protocoles rigoureux et périodiques (annuels et saisonniers pour les principaux axes routiers). En effet sur des espaces hautement touristiques, l'Etat procède à des comptages saisonniers, l'hiver comme l'été, ce qui permet d'estimer un volume de flux entrants sur les réseaux d'accueil récréatif.

Le second argument qui nous a poussé à retenir cette hypothèse, est tout simplement le fait qu'il y a mixité des populations (résidents et vacanciers) et que les visiteurs se déplacent et accèdent aux sites en voiture. Les comptages routiers, complétés par les comptages parkings

---

[286] Herbin (J.*), "Les loisirs de proximité des habitants* ... op; cit.

[287] L'estimation des touristes en France se fait au million près alors que nous possédons des chiffres précis pour la population.

[288] Les chiffres de fréquentations des sites sont souvent gonflés, et les conditions d'échantillonnage des enquêtes ne sont pas suffisamment rigoureuses pour servir de bases à des calculs d'ajustement.

remplissent donc de bonnes conditions pour choisir ces données comme des référents aux volumes de flux existants et entrants sur le réseau d'accueil.

Ainsi le choix des points d'entrée est conditionné par les données disponibles. Si nous choisissons les flux routiers entrants, il faut alors agréger tous les points de départ sur quelques nœuds situés aux portes de l'espace. Cette méthode est d'autant plus valable que l'espace naturel de type montagneux est plus ou moins accidenté et canalise les flux sur des axes dans les vallées.

Pour le poids des flux entrants, nous avons choisi la base des comptages routiers effectués sur les routes d'accès au massif. Le poids des flux aux points d'entrée a été calculé en fonction des différences qui existaient entre les comptages (ou les estimations) faits à différentes périodes de l'année. Nous avons supposé que les différences absolues entre les moyennes journalières à l'année et celles de l'été représentaient le surplus correspondant aux déplacements de récréatifs sur l'espace.

Pour l'espace Hautes Vosges, nous avons agrégé cette valeur en la localisant sur les principales "villes portes", émettrices des principaux flux routiers.

Les flux entrants sur le massif des Hautes Vosges sont relativement homogènes. Les portes d'entrées ("Villes Portes") représentent toutes une entrée spécifique à une agglomération assez importante de la région et coïncident avec les axes de circulation d'accès au massif.

Pour les Ecrins, le choix des points d'entrée a été fait en fonction des entrées des vallées, ou se concentraient les principaux pôles d'hébergement touristique et de résidence.

Les Vosges	
Villes Portes ou points d'entrée	*Proportion de Flux routiers entrants*
Colmar	*6*
Mulhouse	*6*
Gérardmer	*4*
Sélestat	*4*
Saint Dié	*4*
Belfort	*4*
Remiremont	*4*
Melisey	*1*

Ecrins vallée	
Villes Portes ou points d'entrée	*Proportion de Flux routiers entrants*
Gap	*30*
Bourrg l'oisan	*20*
Valbonnais	*5*
Argentière	*31*
Embrun	*5*
Saint Firmin	*10*

Tableau 44 : Poids des flux entrants par les "villes portes" ou points d'entrée

3). Niveaux d'équipements des sites

Comme nous l'avions déjà fait remarquer en seconde partie, le principal problème dans nos calculs d'interactions spatiales est d'évaluer la masse d'un site. Nous devons tenir compte de l'offre du site qui dépend de critères aussi divers que les types d'équipements présents, la notoriété du site, la présence d'une route touristique, les mentions dans les guides...

Il s'agit ici, de prendre en considération les caractéristiques locales des parkings ouvrant sur des sites naturels. L'offre en équipement et les types d'aménagement existant sur les espaces naturels diffèrent d'une région à l'autre. Si nous pouvons retrouver des points communs, les différences peuvent avoir des incidences certaines. Cette valeur est la somme de six indices.

- Hautes Vosges

Nous avons repris la typologie élaborée lors de l'étude de fréquentation sur les Hautes Vosges, le détail de l'évaluation de cet indice se trouve en Annexe 9 :

Fermes Auberges	*Equipements de loisirs*	*Sites Naturels*	*Sentier*	*Route Touristique*	*Notoriété du site*

- Ecrins

Pour les Ecrins, nous avons procédé de la même façon, mais de petits changements ont du être pratiqués. Si les Fermes Auberges représentent dans les Vosges un élément important de l'attractivité d'un site, il est évident que cet indice n'a aucune valeur sur les Ecrins. Par contre nous avons attaché plus d'importance à la présence de stations de sports d'hiver.

Station de sport d'hiver	*Equipements de loisirs*	*Sites Naturels*	*Sentier*	*Route Touristique*	*Notoriété du site*

4). Les résultats[289]

Pour les Vosges, nous avons effectué deux calibrages successifs avec les chiffres réels de fréquentation, l'un à midi (12-13 heures) et l'autre à l'heure de pointe de la fréquentation (16-17 heures) afin de voir si les indicateurs obtenus pouvaient traduire des comportements différents de déplacements dans une journée.

En effet, il nous paraît important de savoir s'il existe des déplacements différents entre des

[289] Détails des meilleurs résultats en Annexes 11 pour les Vosges et 14 pour les Ecrins.

visiteurs qui partent à des heures différentes de leur domicile et en deuxième lieu s'il est possible de déterminer les principaux indicateurs, l'objectif étant *in fine* de préciser la répartition des flux de visiteurs sur les espaces naturels.

Quant aux Ecrins, nous n'avions à notre disposition que des données concernant des comptages parkings faits à une heure précise, 15 heures.

Le *Tableau 45* donne les résultats après comparaison des variables simulées avec les variables observées sur les Hautes Vosges et les Ecrins. La sélection[290] de ces résultats est faite sur la minimisation de la somme des valeurs absolues des résidus et sur le coefficient de régression (r2) le plus proche de 1, dans le cas où la somme des résidus pour deux séries sont égales.

Indicateurs spatiaux de déplacements	*Calibrage Vosges*		*Calibrage Ecrins 15 heures*
	Heure de pointe 16 – 17 heures	*Midi 12 – 13 heures*	
Distance - temps accessibilité D(1)	*45 minutes*	*45 minutes*	*53 minutes*
Distance - temps attraction D(2)	*14 minutes*	*11 minutes*	*néant*
Elasticité offre spatiale(α)	*1.87*	*1.67*	*0.60*
Elasticité distance attraction (β)	*0.0*	*0.0*	*Néant*
Elasticité distance accessibilité (γ)	*1.7*	*1.61*	*0.00*
Contemplatifs en %	*100.0*	*100.0*	*0.00*
Promeneurs en %	*00.0*	*00.0*	*79.0*
Randonneurs en %	*0.000*	*0.000*	*21.0*
Résidus	*162*	*133*	*194*
Coefficient de régression de la droite	*0.92384*	*0.93827*	*0.94*

Tableau 45 : Output, résultats des calculs de calibrage des indicateurs spatiaux

Section 2. Analyse des contraintes spatiales de déplacements

A. Résultats Vosges

1). Une population homogène de visiteurs

Un élément intéressant montre une homogénéité des types de visiteurs : 100% de contemplatifs. Les sites les plus attractifs sur le massif étant distribués sur la route des crêtes ou bien sur les versants (Petit Ballon) vont être soumis à une fréquentation de visiteurs qui privilégient le nombre de sites visités avec des arrêts de courte durée. Déjà lors de l'enquête

[290] Les détails des meilleures série d'indicateurs se trouvent en :Annexe 12 pour les Vosges et en Annexe 15 pour les Ecrins.

sur les Hautes Vosges nous avions été surpris du poids négligeable des individus qui pratiquaient des randonnées sur un massif qui avait la réputation d'être un espace d'accueil à ce type d'activité, le modèle confirme l'observation.

Si le calibrage indique 100 % de contemplatifs, cela signifie que l'offre spatiale des sites est donnée uniquement par la formule :

$$Vn_{iCont} = Na_i \times \left[(Nn_{i500} / 0.5) + (Nn_{i1000} / 1) + (Nn_{i3000} / 3) \right]$$

Les résultats des simulations ne signifient pas pour autant que nous ne sommes qu'en présence de visiteurs de type contemplatif mais plutôt d'une population qui possède une pratique commune de la consommation récréative des espaces naturels, en d'autres termes, des comportements similaires de diffusion spatiale.

En matière d'aménagement, ce résultat a une importance fondamentale, car il montre que les pressions anthropiques sur les milieux naturels sont susceptibles de se localiser essentiellement aux abords des parkings dans les aires de diffusion de rayon 500 et 1000 mètres.

2). Des déplacements voiture distincts

a). Des déplacements différents dans la journée

La différenciation des résultats du calibrage sur les Vosges confirme l'hypothèse sur la modélisation des flux à la journée. En effet, on peut constater que les indicateurs spatiaux laissent apparaître des comportements de déplacements différents dans la journée.

Ces résultats donnent pour midi un volume de 1580 véhicules en stationnement sur l'ensemble des parkings du massif et 2080 aux heures de pointes de l'après-midi. Ces chiffres représentent environ entre 4000 et 5200 visiteurs[291] à la journée.

[291] Les observations (Vosges, Ecrins), ont évalué le nombre de visiteurs par véhicule à 2.5 la semaine et 3 le dimanche.

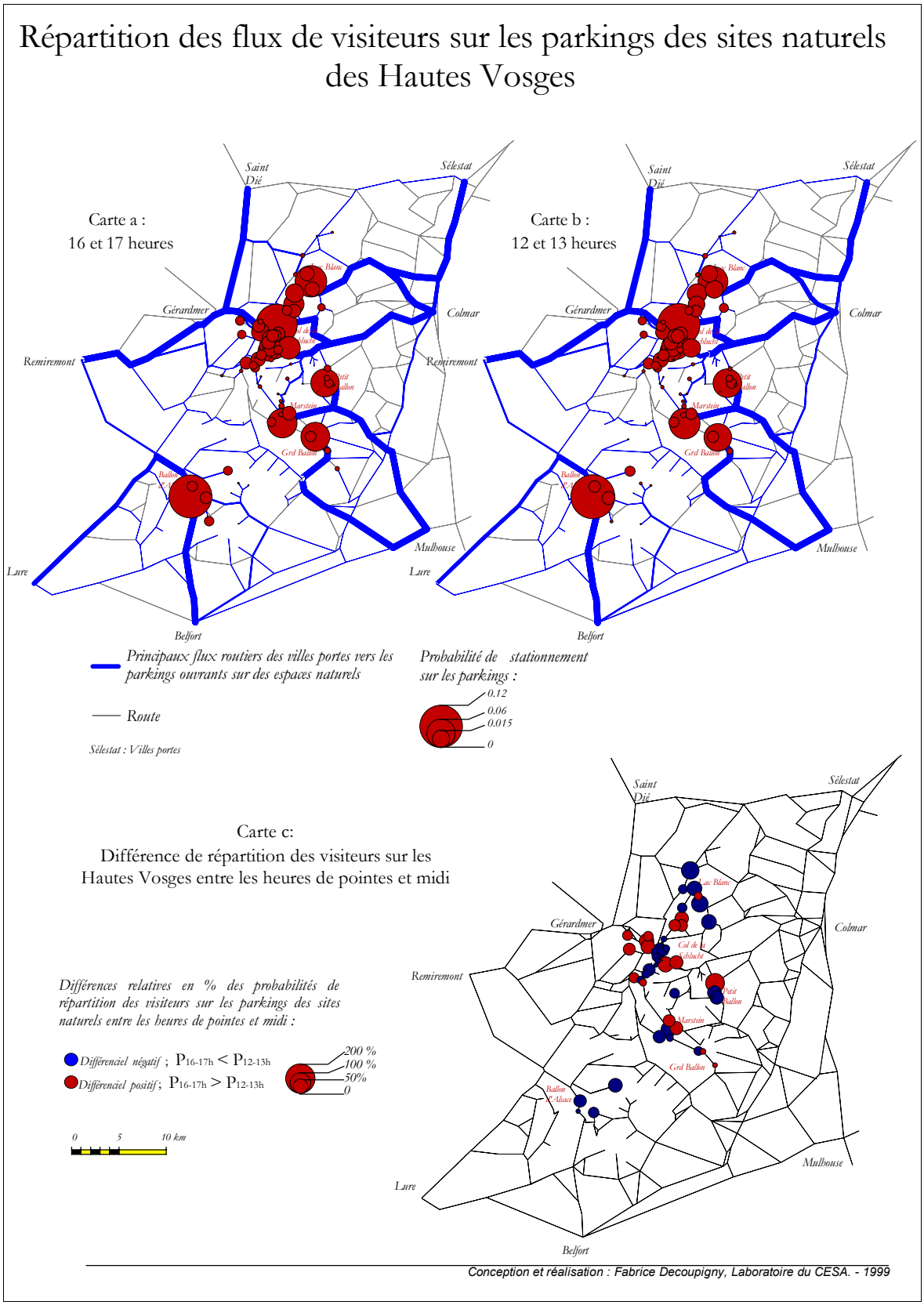


Figure 55 : probabilité de répartitions des visiteurs sur les Hautes Vosges

La sensibilité à l'offre spatiale ($\alpha_{16.17h}$=1,87et $\alpha_{12.13h}$=1,67) est plus importante pour les visiteurs en fin de journée. Les valeurs des élasticités (supérieures à 1 et $\alpha_{16.17h}>\alpha_{12.13h}$) indiquent que les différences entre les sites sont plus amplifiées aux heures de pointes et montrent une forte sensibilité à l'offre spatiale relative (Oi).

C'est tout à fait logique, car en se déplaçant plus tardivement dans l'après-midi, les individus s'orientent plus facilement vers les sites les plus attractifs en offre spatiale. Les visiteurs fréquentent en priorité les sites qui possèdent des curiosités naturelles accessibles des parkings et un bon niveau d'équipement. Mais cette différence entre les élasticités met aussi en évidence une attractivité plus importante pour les sites appartenant à des secteurs qui concentrent d'autres sites, ce qui confirme l'utilisation des sommes des attractions absolues et des zones d'indifférences.

Les cartes a et b de la *Figure 55* montrent bien qu'il existe des sites plus attractifs, susceptibles de jouer un rôle de polarisation sur l'espace laissant ainsi apparaître des zones de pressions plus importantes.

La carte c de la *Figure 55*, sur les différences relatives des probabilités de répartition entre midi et l'heure de pointe, permet de voir qu'il existe des différences d'attractivités, durant la journée, pouvant varier du simple au double. La différence de sensibilité pour l'offre spatiale ne peut expliquer, à elle seule, ces variations. La morphologie du réseau va, en influant sur les temps de parcours, déterminer des formes de répartitions spécifiques sur l'espace laissant apparaître des zones de polarisation des fréquentations.

b). Des seuils de déplacements

Les flux montrent des sous-espaces privilégiés de répartition en fonction des points d'entrée que sont les villes portes. Ce résultat vient renforcer celui d'une différenciation des espaces de fréquentation.

On s'aperçoit que les flux, au départ de Colmar, s'orientent plus facilement sur le secteur du col de la Schlucht, alors que ceux qui partent de Mulhouse (respectivement de Belfort) se dirigent vers le secteur du Grand Ballon-Markstein-Petit Ballon (respectivement le secteur du Ballon d'Alsace).

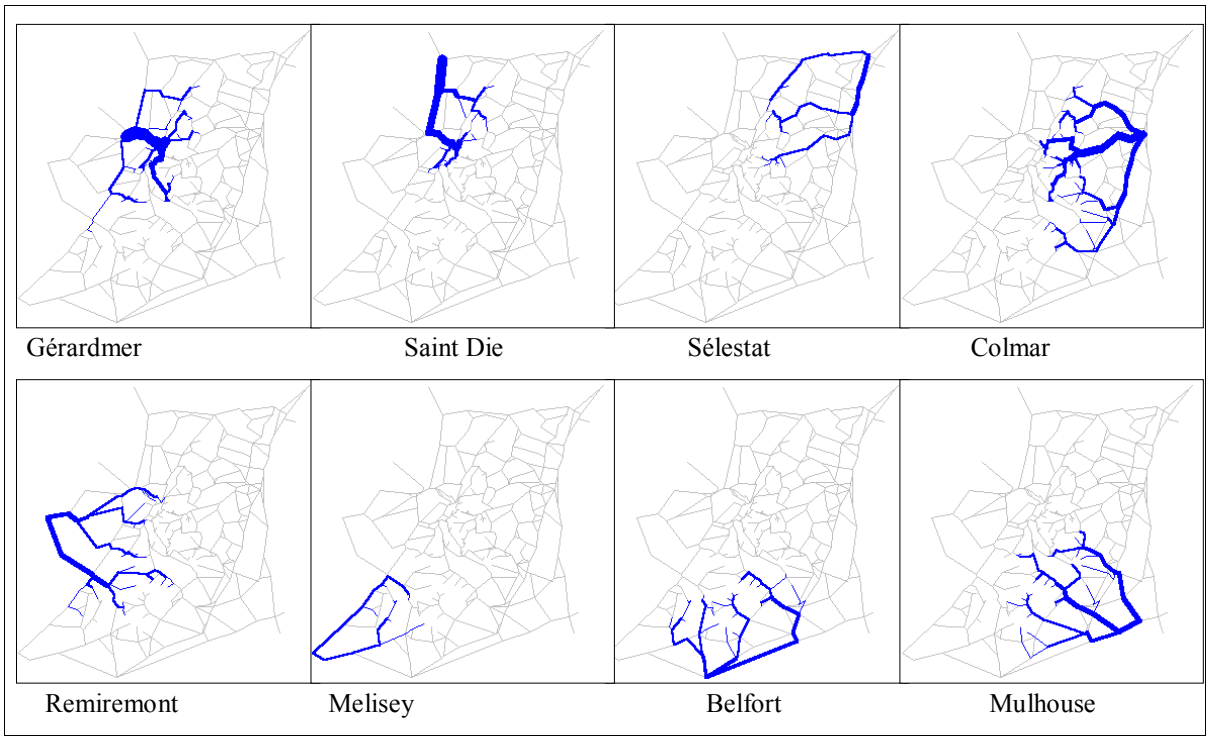


Figure 56 : Trajets de 45 minutes au départ des villes portes vers les parkings

On constate qu'il existe une valeur limite d'accessibilité D(1) (*Temps max accessibilité*) de 45 minutes pour les déplacements des "villes portes" aux sites et de 11 à 14 minutes pour la distance d'attraction D(2) (*Temps max attraction*) des sites voisins.

Ces limites montrent des phénomènes de seuil d'accessibilité et d'attraction, puisque au-delà ou en deçà de ces valeurs les coefficients de régression chutent (cf. Courbes des résultats intermédiaires portant sur les résidus en Annexe 13 et Annexe 14).

La valeur nulle de l'élasticité sur les distances d'attraction (β=0.0) montre qu'entre deux sites, quel que soit l'heure de la journée, le visiteur n'optimise pas le déplacement entre les sites mais tient compte d'une valeur limitant par défaut le temps de déplacement voiture qui est de l'ordre du petit quart d'heure.

c). Deux déplacements distincts

Les deux couples d'élasticité, ($\gamma_{16\text{-}17h}$=1.7; $\beta_{16\text{-}17h}$=0.00) et ($\gamma_{12\text{-}13h}$=1.61; $\beta_{12\text{-}13h}$=0.00), affectés aux deux seuils des distances D(1) et D(2) pour chaque horaire, montrent que le visiteur possède des comportements de déplacements similaires dans la journée.

Les valeurs distinctes entre les distances d'accessibilités et d'attractions (D(1) et D(2)) laissent apparaître une décomposition du déplacement en différenciant deux trajets : un premier

déplacement de 45 minutes sur un espace régional pour accéder à un sous-espace sur lequel le visiteur effectue, dans un second temps, un déplacement entre les sites qui varie entre 11 et 14 minutes.

Ces résultats confirment l'hypothèse d'un comportement différent de déplacement en fonction du type de trajet que le visiteur fait.

La différence des seuils de déplacements (de 11 et 14 minutes) entre les sites va avoir une incidence sur l'attractivité des sites en limitant l'accessibilité des sites entre eux et favoriser les secteurs de concentration de sites.

Non seulement, nous avons deux déplacements voiture bien différenciés, mais ils sont aussi différenciés sur l'espace. Les trajets des deux déplacements n'utilisent pas les mêmes arcs routiers.

On peut ainsi constater que la route des crêtes sert essentiellement d'axe de redistribution des flux de visiteurs lors du deuxième déplacement qui conduit au second site visité et augmente d'autant plus l'attractivité des sites qui se localise tout le long de cet axe.

Les représentations cartographiques des simulations (*Figure 57*, page 272) montrent bien l'importance du phénomène. En effet, si la route des crêtes est peu utilisée pour des déplacements d'accessibilité au départ des villes portes, elle est par contre l'axe qui semble structurer toute la répartition des visiteurs sur le secteur nord de l'espace Hautes Vosges et polariser les fréquentations sur des sites de la route des crêtes.

On voit ici toute l'importance de la topologie du réseau dans les formes de répartitions des flux de visiteurs sur l'espace d'accueil. Des secteurs apparaissent alors plus ou moins accessibles et donc plus ou moins fréquentés.

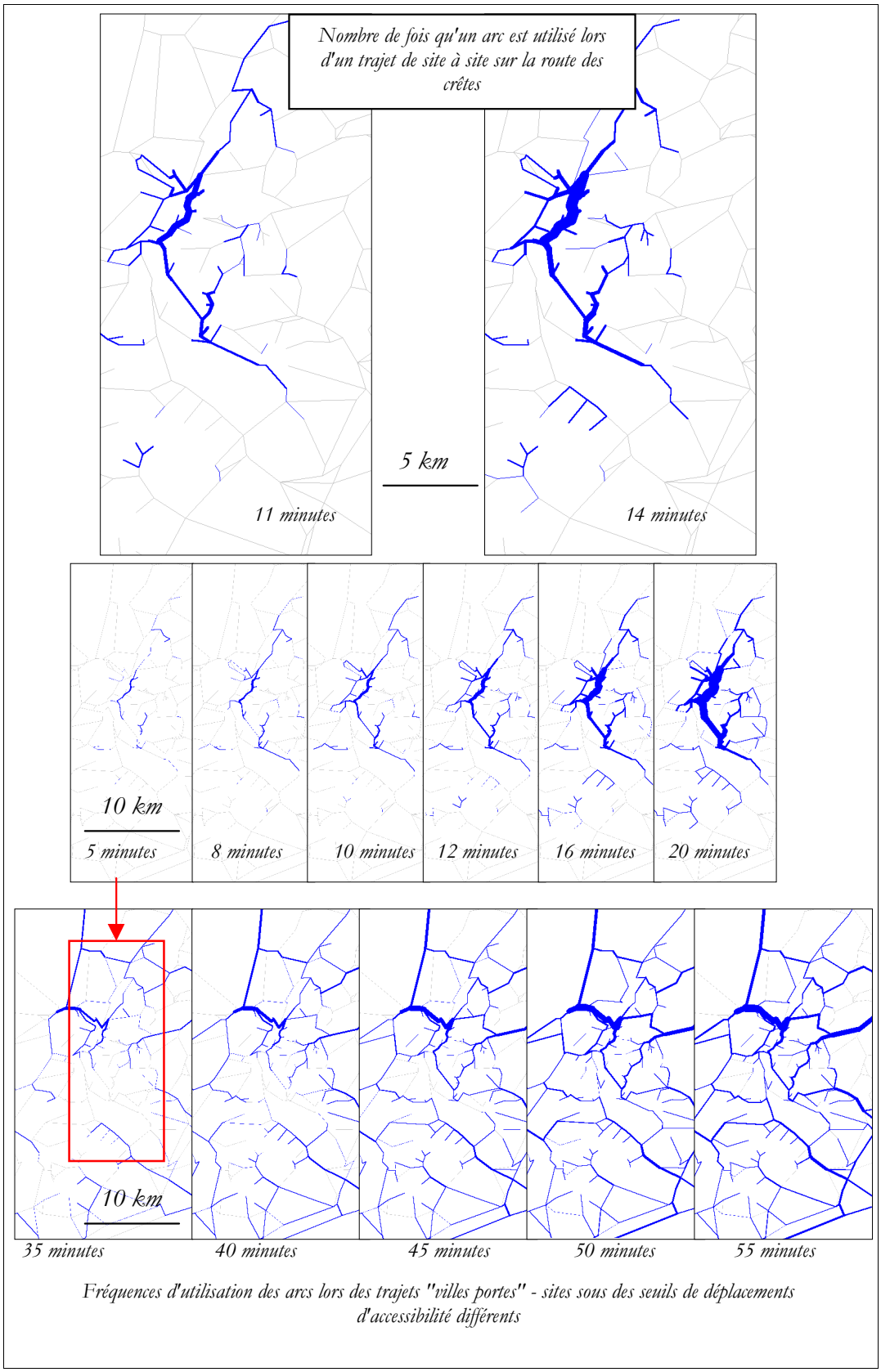


Figure 57 : Itinéraires des déplacements voitures des visiteurs sur le massif des Hautes Vosges

d). Des sous-espaces distincts

La valeur du temps D(2) de déplacement entre sites (distance d'attraction de 11 et 14 minutes) montre que ces déplacements s'effectuent sur des distances inférieures à une dizaine de kilomètres. Les enquêtes sur le massif ont montré que les populations visitaient au grand maximum trois à quatre sites dans une journée, ce qui correspond à des sous-espaces de déplacement (ou circuit) d'environ 30 à 40 kilomètres.

Là encore, nous pouvons comparer ce résultat à des observations réalisées lors d'une étude effectuée sur l'origine de la fréquentation touristique du Pont du Gard qui montrait que les visiteurs, visitant plusieurs sites, parcouraient des circuits de dimension analogue. Les figures ci-dessous (*Figure 58*), montrent que la différence de temps des liaisons entre les sites ne transforme pas les sous-espaces de déplacements.

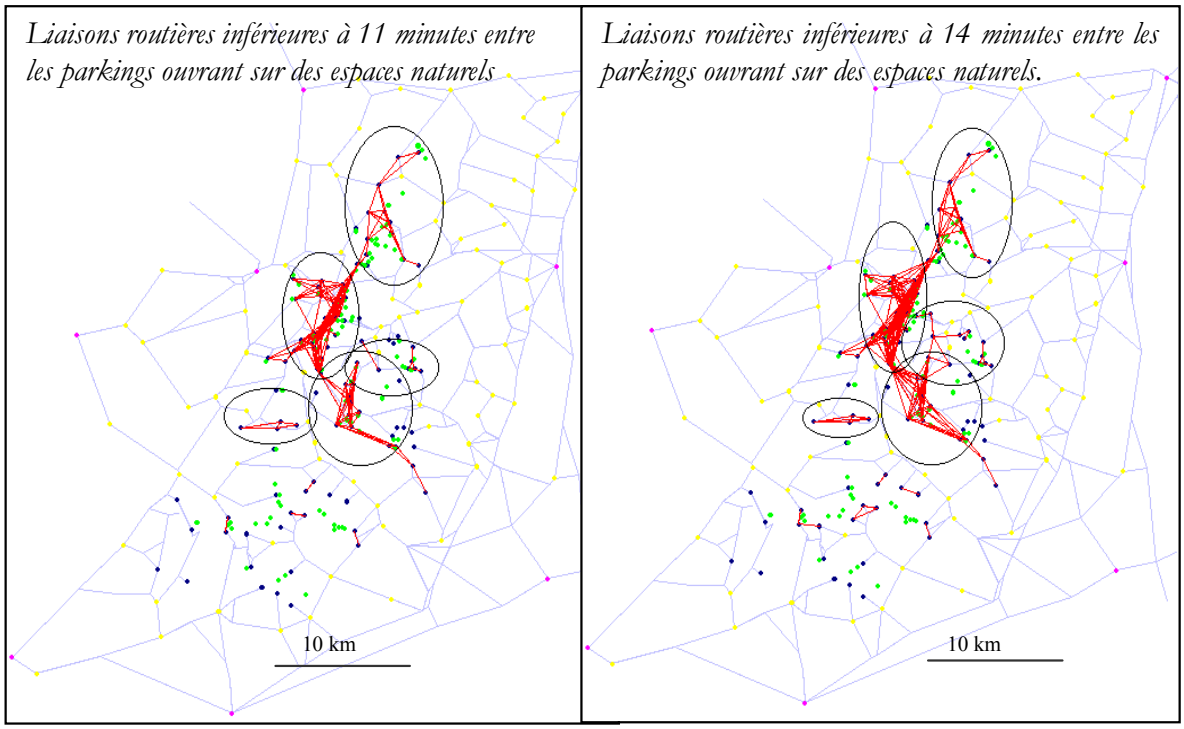


Figure 58 : Relations entre les parkings en fonction des seuils de déplacement à midi et aux heures de pointes

Il est à noter que la structure de la route des crêtes, de type linéaire, favorise un certain type de répartition orienté vers une découverte "contemplative" du milieu (multiplication des sites visités et faible temps de visites). La connexion des sites permet d'avoir plusieurs sous-espaces reliés qui s'appuient chacun sur un axe principal, la route des crêtes. Cette caractéristique offre aux visiteurs des choix de circuits, le long d'un axe qui irrigue l'ensemble du massif dans sa partie centrale.

Pour une même longueur de circuit, la structure du réseau qui dessert un espace, sur lequel s'appuie le circuit, peut être à l'origine de très fortes fluctuations sur l'étendue des espaces naturels et le nombre de sites soumis à fréquentation.

Les différents types de réseaux d'accueil (*Figure 59*) linéaires, arborescents, circulaires ou maillés induisent des circuits et des dessertes différentes et vont agir sur l'espace en le décomposant en sous-espaces de fréquentation d'étendues variables.

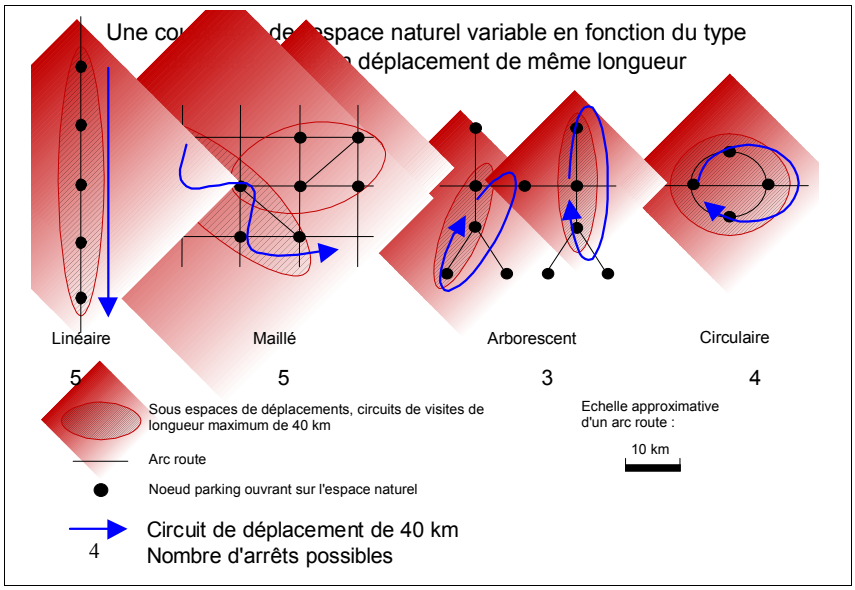


Figure 59 : Topologie du réseau et desserte de l'espace d'accueil

Supposons que le déplacement ne peut excéder 40 kilomètres. La morphomogie du réseau va avoir un effet sur le nombre de sites qu'il est possible de visiter. Dans le cas d'un graphe linéaire, il est possible de s'arrêter sur cinq sites pour un déplacement qui emprunte quatre arcs. Mais sur un graphe de type arborescent, la structure du réseau ne pourra ouvrir, à la fréquentation, que trois sites. Les allers et retours sur le réseau doublent les distances et limitent ainsi le nombre possible de sites à visiter. L'impact de la structure du réseau se traduit alors sur les espaces naturels par des pressions anthropiques, elles aussi variables. Pour des visiteurs qui :

- optimisent le nombre de sites sur un circuit linéaire ou maillé, le temps de présence sur le site sera minimisé, les pressions se manifestent par une concentration des flux intensive dans les aires de diffusion des 500 et plus diffuse sur celles des 1000 mètres.

- circulent sur un réseau arborescent, le cheminement voiture en aller et retour incite à rester plus longtemps sur les milieux naturels car le réseau limite l'accessibilité aux

sites, les pressions se manifestent par une diffusion des flux plus extensive et plus en profondeur, dans les aires de diffusion au delà des 1000 et 3000 mètres.

- se déplacent sur un espace d'accueil circulaire, quelles que soient les aires de diffusion, les pressions se focalisent vers le centre de l'espace, induisant une convergence des impacts sur les milieux naturels en profondeur.

3). L'importance de la morphologie du réseau sur les répartitions

a). L'effet réseau sur les répartitions

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.

Il est alors intéressant de voir quelle est l'importance du réseau dans les formes de répartition des visiteurs sur le massif des Hautes Vosges. Les cartes de la *Figure 60* représentent les probabilités de simulations calculées en fonction des contraintes prises indépendamment les unes des autres (temps d'accessibilité, voisinage, offre spatiale et attractions absolues). Cette décomposition nous permet, dans un second temps de comparer les résultats avec ceux qui sont obtenus à partir des simulations effectuées sur nos quatre espaces théoriques.

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 (*Figure 60*, cartes a et b, page 276) en attribuant des probabilités de fréquentation sur l'ensemble des sites.

Mais la distribution spatiale hétérogène de l'offre spatiale naturelle des sites (*Figure 60*, carte c, page 276), va alors polariser les fréquentations sur des espaces bien déterminés : le long de route des crêtes au nord (du Lac blanc au Grand Ballon et Petit Ballon) et le Ballon d'Alsace au sud. Les différents sites de ces secteurs vont avoir un effet d'attracteur en concentrant les flux sur leur espace (*Figure 61* carte e, page 277).

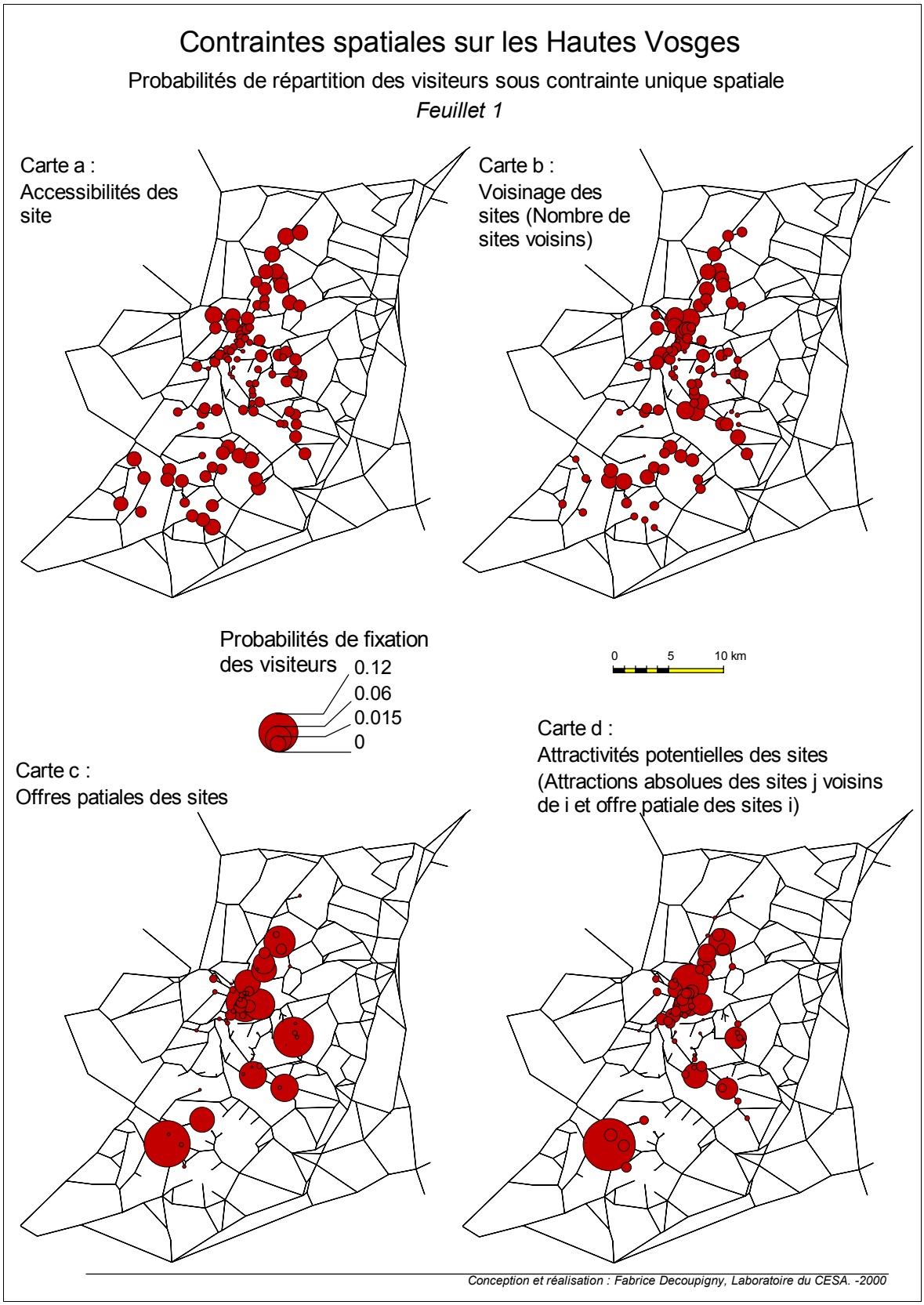


Figure 60 : Attractivités et contraintes spatiales - feuillet n°1

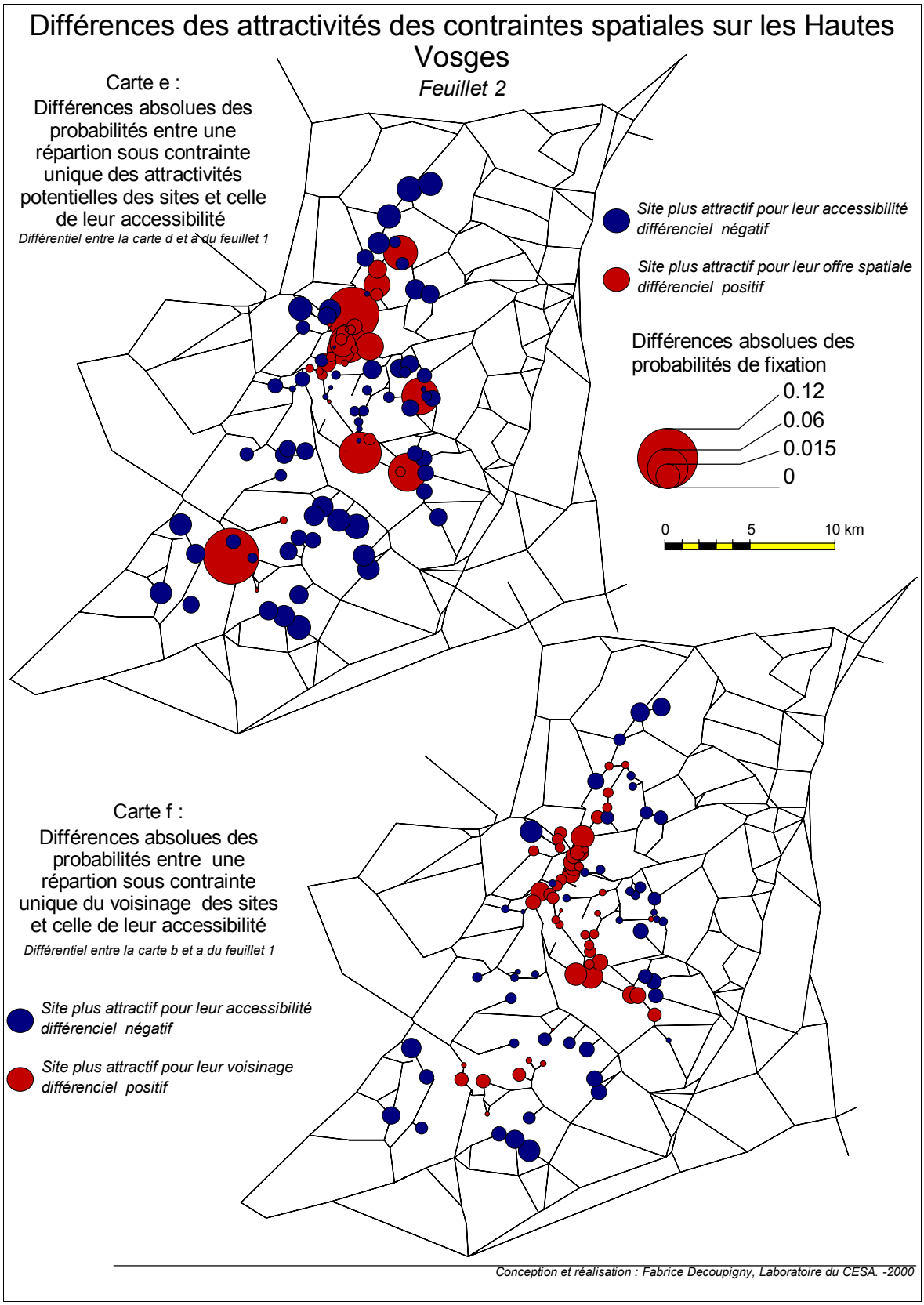


Figure 61 : Attractivités et contraintes spatiales - feuillet n°2

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 60*, carte d, page 276).

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.

Les simulations sur les graphes théoriques (*Figure 62*, page 279) simulent les différences relatives d'attractivités de deux contraintes spatiales (accessibilité aux villes portes et voisinage des sites) existantes sur les sites pour chacun des espaces (linéaire, arborescent, circulaire et maillé). Pour ne comparer que l'effet du réseau sur les deux types d'accessibilité, nous avons posé que toutes les offres spatiales étaient égales (soit $Oi=1$). De cette manière, il est possible d'analyser l'influence de la position relative du site dans le réseau indépendamment de sa structure interne (offre spatiale).

Sur la *Figure 62* (page 279), en bleu, apparaissent les sites qui possèdent une attractivité liée à une meilleure accessibilité aux villes portes et, en rouge, les sites qui possèdent une attractivité plus associée aux attractions absolues des sites voisins. En fonction d'une position relative plus ou moins excentrée dans le réseau et éloignée, le site possédera une attractivité qui ne sera pas de même nature.

En comparant les résultats obtenus sur les Vosges (*Figure 61*, carte f, page 277) et ceux qui sont sur les espaces théoriques (*Figure 62*, carte d, page 279), nous pouvons constater que la structure du réseau des Hautes Vosges peut s'apparenter à celui du réseau théorique linéaire alors que son réseau d'accueil est maillé.

Nous avons alors transformé le graphe maillé (*Figure 62*, carte b, page 279), en structurant les sites le long d'un linéaire afin de reproduire "une route des crêtes" (*Figure 62*, carte e, page 279). Ce graphe (carte e) reproduit un schéma de distribution similaire et montre bien ce processus qui différencie, en fonction d'une distribution des sites au sein d'un graphe maillé, un sous-graphe (ou un sous espace) linéaire de déplacement.

Finalement, ce n'est pas tant la structure même du graphe routier qui importe mais la position relative des sites sur le réseau qui, en induisant des circuits de visites, créent des sous-graphes de déplacements déterminés et gérés par des liaisons dont les distances réseaux ne doivent pas excéder un seuil de déplacement.

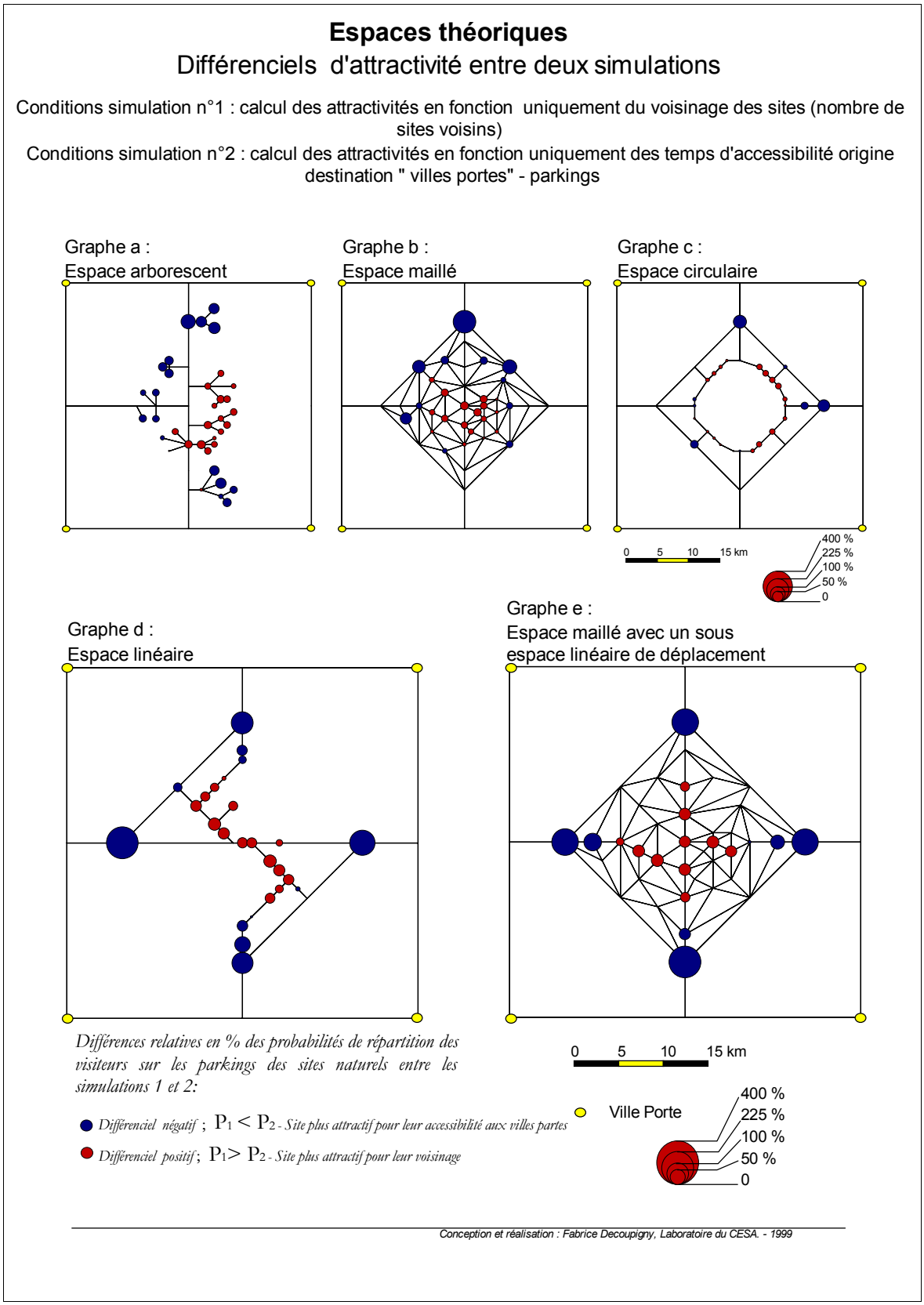


Figure 62 : Distribution des visiteurs sur des espaces théoriques

b). Poids des contraintes spatiales sur les attractivités

En calculant les répartitions des visiteurs en fonction des contraintes spatiales prises indépendamment, il est possible de déterminer la contrainte spatiale qui apporte le plus d'attractivité aux sites.

Pour cela, nous avons simulé les différences absolues entre la répartition normale (indicateurs issus du calibrage) et le nombre de véhicules qui seraient garés si on ne prenait pas en compte certaines des contraintes spatiales.

L'objectif de ces simulations est de mesurer l'effet de la structure du réseau sur les attractivités des sites et de définir la contrainte spatiale qui semble donner au site le plus de poids.

On peut classer les sites en trois catégories.

① Les sites qui tirent leur attractivité de l'accessibilité aux "villes portes". Ce sont en général des sites secondaires localisés sur les versants des Ballons (nœuds bleus de la carte a, *Figure 63*).

② Les sites spécifiques, plus ou moins isolés (Ballons d'Alsace, Petit Ballon, Rouge Gazon, Gaschney, Station du Lac Vert), qui possèdent une attractivité qui leur est affectée par une offre spatiale relativement forte (nœuds bleus de la carte b, *Figure 63*, page 281).

③ Les sites de la route des crêtes qui tirent leur attractivité avant tout de leur offre spatiale et des attractions absolues des sites voisins (nœuds bleus de la carte b, *Figure 64*, page 282).

Ces résultats montrent bien que l'attractivité des sites sur les Hautes Vosges dépend essentiellement de deux facteurs importants :

- Un seuil de déplacement des villes portes aux sites, qui limite par défaut l'accessibilité mais sans que les variations de distances soient prépondérantes en deçà du seuil.

- Des offres spatiales des sites et du voinage distants d'un seuil de 14 minutes.

Influence de l'accessibilité et de l'offre spatiale sur l'attractivité des sites du massif des Hautes Vosges

Carte a : poids de l'accessibilité

Différences absolues des quantités de véhicules en stationnement entre la simulation référence (répartition type aux heures de pointes) et la simulation 1 (accessibilité)

Différentiel négatif site plus attractif pour leur accessibilité aux villes portes

Différentiel positif

Route des crêtes

Différence de volume de véhicules stationnés sur les parkings

200
100
20

Lac Blanc
Tanet Station
Col de la Schlucht
Gascnney
Petit Ballon
Markstein
Grand Ballon
Rouge gazon
Ballon d'Alsace
0
10km

Carte b : poids de l'offre spatiale

Différences absolues des quantités de véhicules en stationnement entre la simulation référence (répartition type aux heures de pointes) et la simulation 2 (offre spatiale)

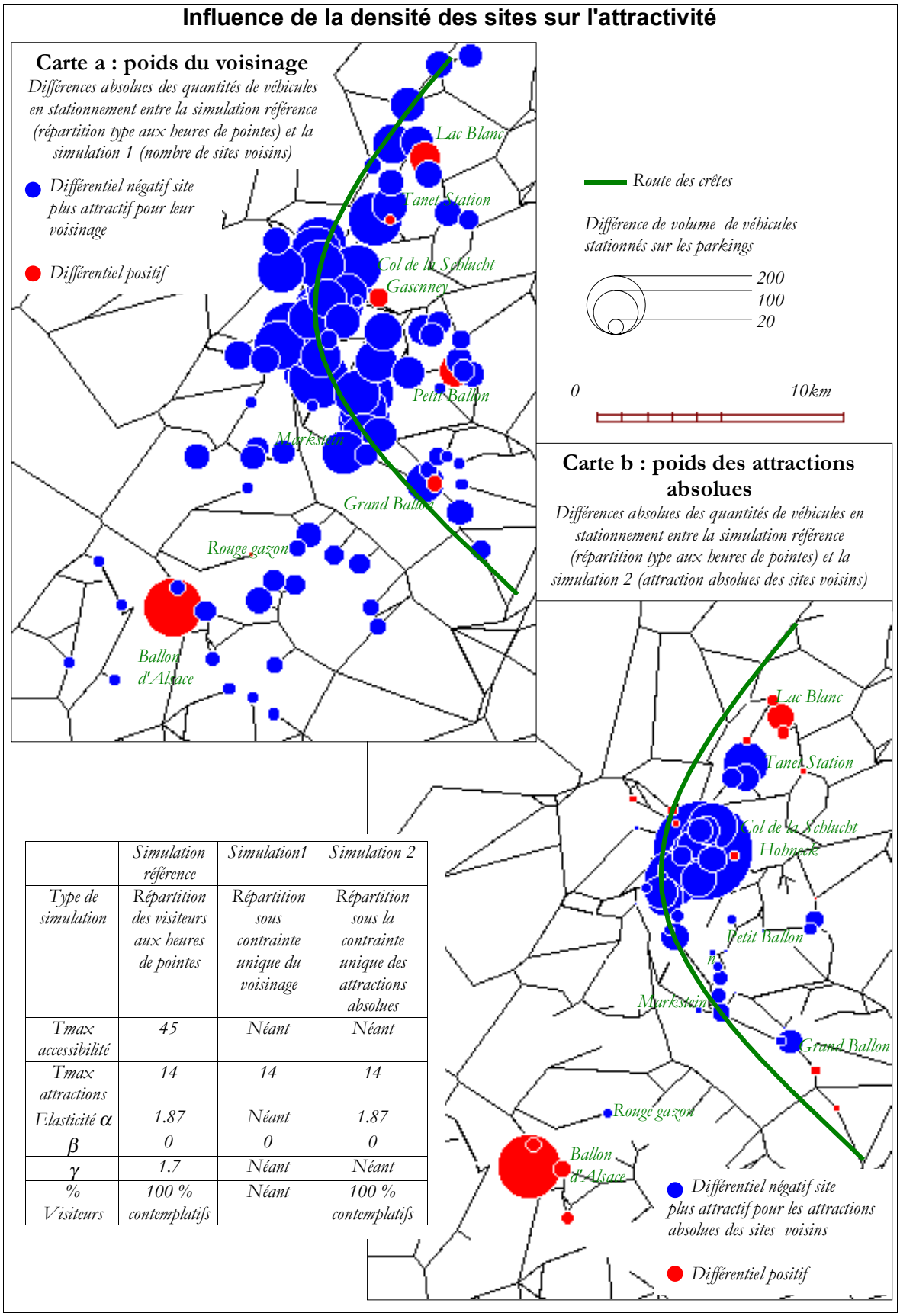
Lac Blanc
Tanet Station
Col de la Schlucht
Gascnney
Petit Ballon
Markstein
Grand Ballon
Rouge gazon
Ballon d'Alsace

Différentiel négatif site plus attractif pour leur offre spatiale

Différentiel positif

	Simulation référence	*Simulation1*	*Simulation 2*
Type de simulation	*Répartition des visiteurs aux heures de pointes*	*Répartition sous contrainte unique de l'accessibilité*	*Répartition sous la contrainte unique de l'offre spatiale*
Tmax accessibilité	*45*	*45*	*45*
Tmax attractions	*14*	*Néant*	*Néant*
Elasticité α	*1.87*	*Néant*	*1.87*
β	*0*	*Néant*	*Néant*
γ	*1.7*	*1.7*	*0*
% Visiteurs	*100 % contemplatifs*	*Néant*	*100 % contemplatifs*

Figure 63 : Poids de l'accessibilité et de l'offre spatiale sur l'attractivité des sites des Hautes Vosges



	Simulation référence	Simulation1	Simulation 2
Type de simulation	Répartition des visiteurs aux heures de pointes	Répartition sous contrainte unique du voisinage	Répartition sous la contrainte unique des attractions absolues
Tmax accessibilité	45	Néant	Néant
Tmax attractions	14	14	14
Elasticité α	1.87	Néant	1.87
β	0	0	0
γ	1.7	Néant	Néant
% Visiteurs	100 % contemplatifs	Néant	100 % contemplatifs

Figure 64 : Poids du voisinage sur les attractivités des sites des Hautes Vosges

La carte ci-dessous, indique que l'attractivité des sites est fortement dépendante de la valeur limite du déplacement d'accessibilité des sites aux villes portes.

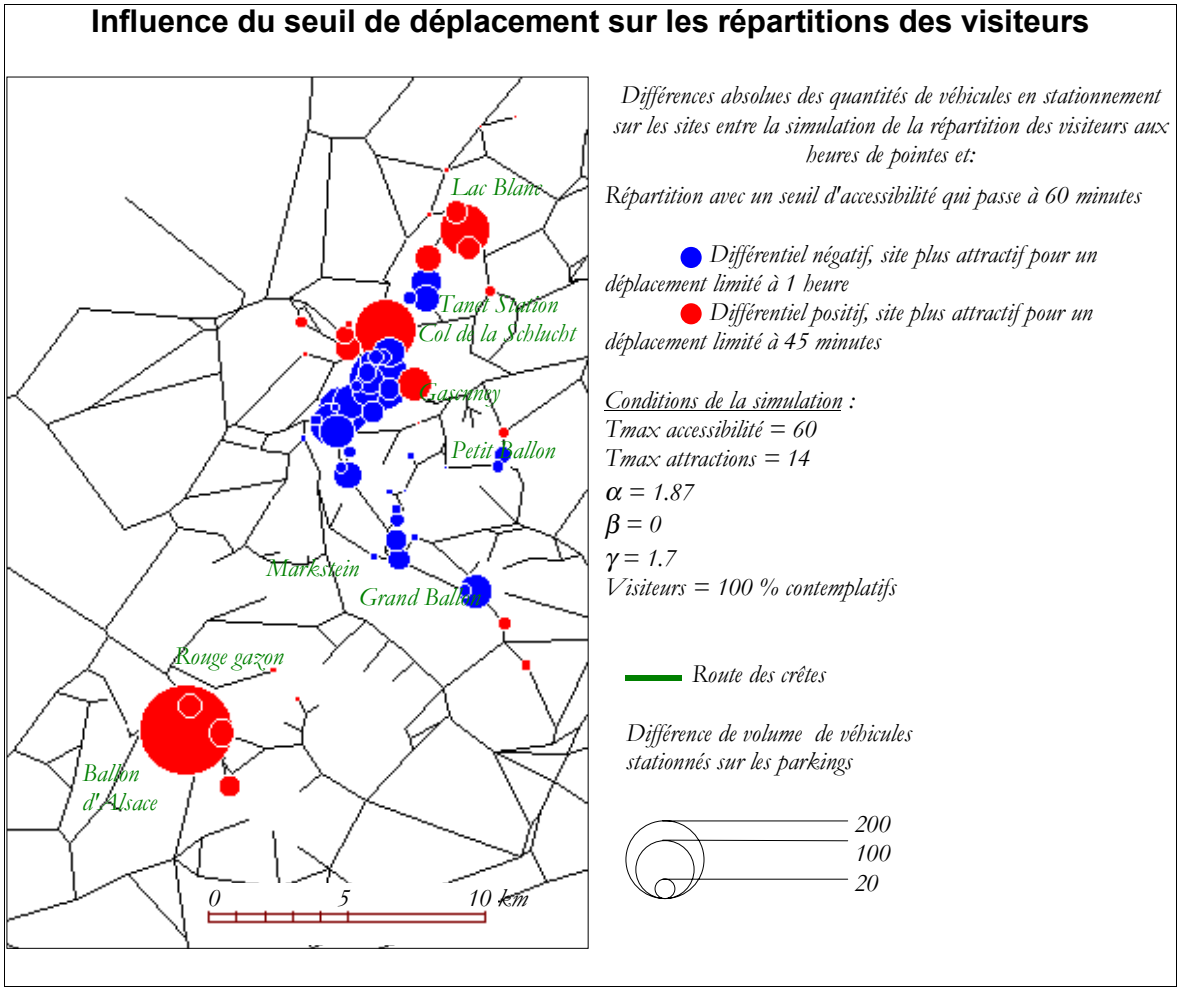


Figure 65 : Poids du seuil d'accessibilité sur les Hautes Vosges

Le tableau ci-dessous récapitule les résultats sur les principaux sites des Vosges. Nous pouvons donner pour chaque site une attractivité induite par une contrainte spatiale spécifique.

	Offre spatiale	Voisinage	Attractions Absolues	Accessibilité
Col de la Schlucht	non	oui	oui	non
Hohneck	non	oui	oui	non
Markstein	non	oui	oui	non
Grand Ballon	oui	oui	oui	non
Petit Ballon	oui	oui	oui	non
Dreieck (collet lac Vert)	oui	oui	oui	non
Station Tanet lac Vert	oui	non	non	non
Lac Blanc	oui	non	non	non
Gaschney	oui	non	non	non
Ballon d'Alsace	oui	non	non	non
Rouge gazon	oui	non	non	non

Tableau 46 : Importance des contraintes spatiales sur l'attractivité des principaux sites du massif

Ainsi, si nous connaissons la contrainte spatiale qui fournit une certaine part importante de l'attractivité à un site, il devient alors possible d'agir sur cette contrainte par des opérations d'aménagements du territoire.

Si la contrainte qui apparaît dominante est l'offre spatiale, les opérations d'aménagement porteront sur des aménagements internes au site. Par contre si elle est donnée par le voisinage, alors les aménagements devront mettre l'accent sur des opérations qui agissent sur les relations entre les sites : routes touristiques, réseau de sites à thème, fermeture et ouverture de route...

On peut ainsi constater que les sites placés le long de la route des crêtes tirent leur attractivité principalement de leur voisinage et les sites situés en périphérie possèdent une attractivité plus dépendante de leur accessibilité.

Les trois cartes (*Figure 66*, page 285), testent le poids de chaque contrainte spatiale sur les sites et montrent que l'espace Hautes Vosges est un espace récréatif fortement dépendant de contraintes locales spécifiques.

La carte (*Figure 66*, carte a, page 285) montre bien deux secteurs distincts, au sud autour du Ballon d'Alsace (bleu), pour lequel l'attractivité du voisinage semble bien moins importante que pour le nord (rouge) dans lequel se trouve la route des crêtes. Cette différenciation spatiale est provoquée, comme nous l'avons vu, par la route des crêtes qui permet aux sites du secteur nord d'être bien reliés entre eux et de posséder un effet de masse complémentaire donné par la densité de sites en présence.

La carte b (*Figure 66*, page 285) met en évidence des sites très attractifs pour leur offre spatiale (nœuds bleus), dont l'attractivité est multipliée par la présence d'une forte densité de sites voisins. Quant à la carte c, elle ne fait que renforcer les observations faites précédemment sur l'accessibilité, à savoir que les sites périphériques possèdent une meilleure accessibilité.

La principale information que nous livre le jeu des trois cartes de la *Figure 66* (page 285), est que les amplitudes du poids de l'offre spatiale des sites sont relativement fortes. Ces variations associées, aux différences de voisinage, vont différencier l'espace en plusieurs secteurs bien distincts et amplifier les écarts qui existent entre les attractivités des sites.

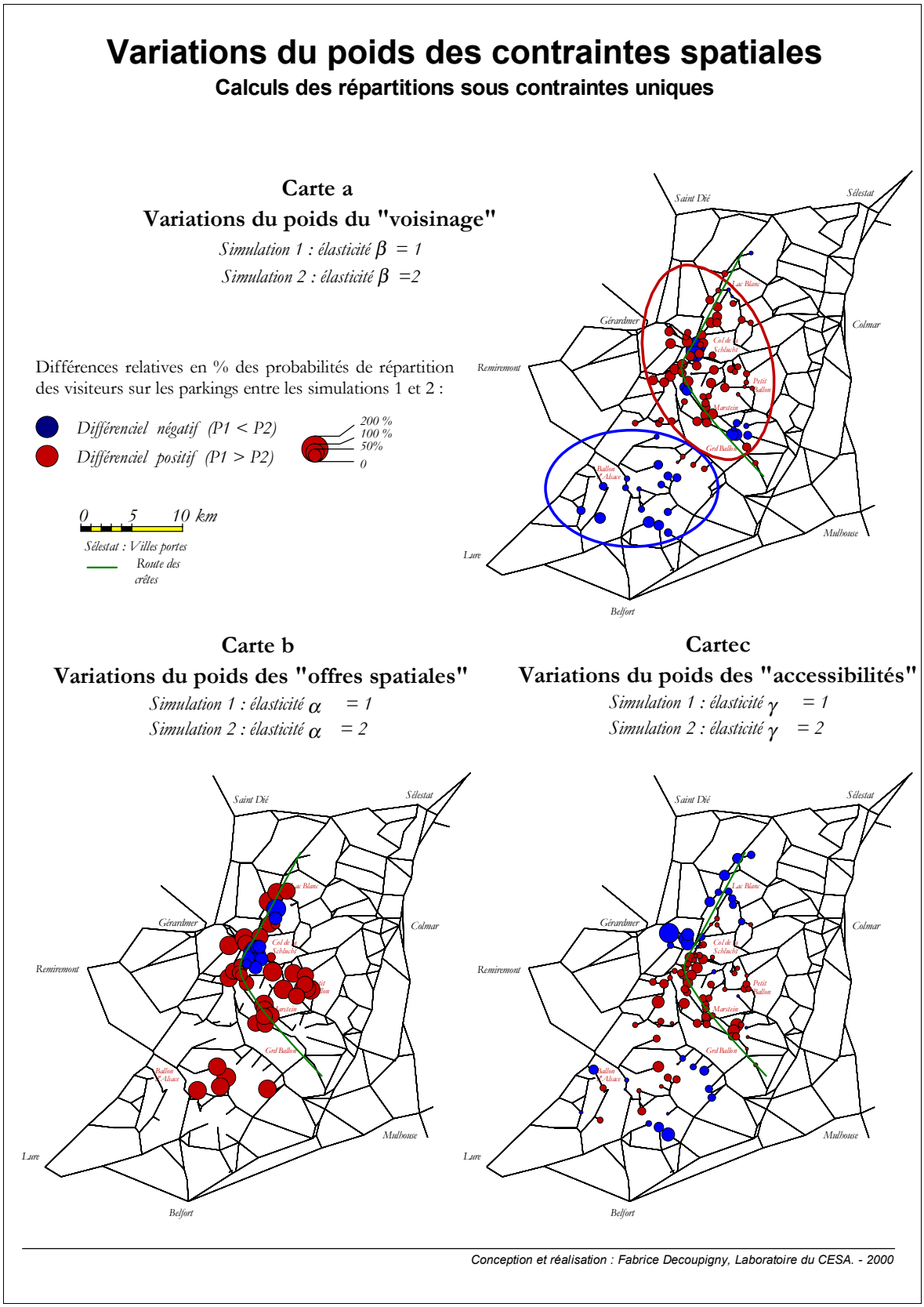


Figure 66 : Poids des contraintes spatiales sur les Hautes Vosges

Ces résultats ne sont pas surprenants. En effet, il est tout à fait évident de constater que les sites placés au centre d'un réseau possèdent une attractivité plus dépendante des attractions absolues, tandis que l'attractivité des sites périphériques est plus dépendante de leur accessibilité aux points d'entrée. Ces résultats mettent encore l'accent sur l'importance de la morphologie et des distances réseaux dans les formes d'attractivité des sites.

Concernant l'espace autour du Ballon d'Alsace, les sites se situent en versant et ne sont en général accessibles que par des voies sans issues. La structure du réseau de type arborescent isole les sites les uns des autres (cf. *Figure 62*, page 279). Ils ne peuvent donc pas s'appuyer sur des sites voisins pour bénéficier de leur attractivité. C'est aussi pour cela que cet espace apparaît sous fréquenté par rapport à la route des crêtes et qu'il est avant tout dominé par une fréquentation localisée sur le Ballon d'Alsace et sur ses sites satellites.

4). Distribution et homogénéité de l'attractivité

a). Importance du voisinage

Les observations précédentes nous amènent à nous interroger sur l'homogénéité de l'attractivité de l'espace d'accueil. Pour cela nous avons utilisé les calculs d'autocorrélation spatiale qui prennent en compte les attributs des lieux et de leur localisation géographique. Il s'agit de se poser la question suivante[292] : "Existe t-il une relation entre la position relative des unités spatiales et leurs attributs ?", ce qui revient à analyser l'homogénéité de l'espace à travers le voisinage.

Nous rappelons que l'un des principaux problèmes de l'aménagement du territoire est d'arriver à déterminer le périmètre d'une opération, fixer le cadre territorial d'une action. Si nous désirons, en fonction de stratégies territoriales, privilégier des politiques de développement spécifiques (mixité, homogénéité de l'offre touristique...), nous devons connaître non seulement les formes de distribution des phénomènes sur l'espace, mais aussi définir la "qualité" de leur répartition.

b). Coefficient d'autocorrélation spatiale de Geary

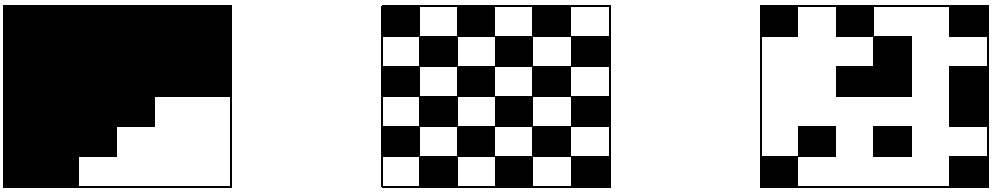
Les facteurs d'un phénomène sont-ils distribués de façon homogène ou hétérogène ? Dans

[292] Pumain (D.), Saint Julien (T.), "Analyse spatiale. 1.Localisations dans l'espace ", Armand Colin, Paris 1997. p. 133.

notre cas, ce qui nous intéresse est la distribution et le rôle des contraintes spatiales sur l'homogénéité des attractivités des sites sur le réseau d'accueil. En finalité existe-t-il des sous-espaces de sites plus ou moins homogènes qui marquent l'espace et le structurent.

Pour répondre à cette question, nous utilisons un outil statistique d'étude de relations spatiales, le coefficient d'autocorrélation (Indice de Geary) qui analyse les différences entre les lieux contigus et les lieux non contigus. L'autocorrélation spatiale mesure *"l'intensité de la relation entre la proximité des lieux et leur degré de ressemblance"*[293].

Sur les bases d'une comparaison de la variance des lieux voisins avec la variance totale, on en déduit un coefficient d'autocorrélation de Geary *I*. L'exemple[294] ci-dessous illustre la méthode.



A *B* *C*

A et B autocorrélation
L'apparition de X en un lieu dépend de ce qui se passe dans les lieux voisins

A, I = 0.3
Autocorrélation positive : les lieux proches ont tendance à se ressembler davantage que les lieux éloignés

B, I = 1.9
Autocorrélation négative : les lieux proches ont tendance à être plus différents entre eux que les lieux éloignés

C absence d'autocorrélation
I = 1.1
L'apparition de X en un lieu est indépendante de ce qui se passe dans les lieux voisins

Si la valeur affectée aux carrés noirs est 1 et 0 pour les carrés blancs, nous avons alors :

$$I = \frac{N-1}{2L} \times \frac{\sum_i \sum_j l_{ij}(X_i - X_j)^2}{\sum (X_i - \overline{X})^2}$$

avec N le nombre d'unités spatiales, X le caractère étudié, $\overline{X}$ *sa moyenne,* l_{ij} *le lien entre i et j (*l_{ij} *=1 si i et j sont contigus sinon* l_{ij} *=0), et L le nombre de liens total (*$L = \sum l_{ij}$ *)*

L'apparition d'un phénomène en un point de l'espace dépend de ce qui se passe dans les lieux voisins. Si l'indice est égal à 1 alors il n'y a pas d'autocorrélation spatiale car les "voisins" ne sont pas moins différents ou ressemblants entre eux que les "éloignés". Si l'indice est supérieur à 1 alors il y a autocorrélation spatiale négative (1– I<0) car les voisins sont plus différents entre eux que les éloignés. Si l'indice est inférieur à 1 alors il y a autocorrélation spatiale positive (1– I>0) car les unités voisines ont tendance à se ressembler.

[293] Pumain (D.), Saint Julien (T.). – Analyse ... op cit. p. 133.

c). Une distribution homogène et des répartitions hétérogènes

Le principe du calcul est de déterminer en premier lieu le voisinage. Pour nous, il sera évidemment le seuil de déplacement lié aux attractions absolues des sites, soit 14 minutes. Tous les lieux situés à moins de 14 minutes d'un autre site seront alors considérés voisins.

L'indice de Geary pour l'offre spatiale (1.78) laisse apparaître que les sites voisins sont plus différents entre eux que l'ensemble des sites, en d'autres termes, il existe une diversité plus grande de l'offre spatiale entre les sites voisins qu'entre l'ensemble des sites sur le massif.

X	*Offre spatiale*	*Attractions Absolues pondérées par les offres spatiales*	*Voisinage (nombre de sites voisins à moins de 14 minutes)*	*Accessibilité*
Indice de Geary	*1.78*	*1.01*	*0.35*	*1.06*

Tableau 47 : Indice de Geary des contraintes spatiales[295]

Mais l'indice de Geary sur la contrainte du voisinage (0.35) montre que les sites voisins se ressemblent plus entre eux que les sites "éloignés", c'est-à-dire que les sites possèdent dans leur voisinage une quantité équivalente de sites accessibles, soit plusieurs, soit aucun pour les sites isolés. Nous sommes en présence d'un espace différencié tant dans sa structure (réseau) que dans son offre spatiale.

On peut donc en déduire que l'espace des Hautes Vosges est un espace formé de plusieurs sous-espaces fortement homogènes dans le type de circulation inter-sites possédant une diversité de l'offre spatiale. En d'autres termes l'attractivité d'un espace récréatif est constituée par des sites qui possèdent une offre spatiale diversifiée mais qui se structurent sur un espace de circulation homogène.

Ces résultats sont à comparer avec la carte a de la *Figure 66* (page 285) qui montre deux espaces distincts sur les Hautes Vosges : un réseau linéaire sur le secteur nord (route des crêtes) avec les sites qui possèdent plusieurs voisins et le secteur sud (secteur du Ballon d'Alsace) qui est structuré par un réseau arborescent où les sites ne comptent pas ou peu de voisins immédiats.

Un élément, tout aussi important sur la structure de l'organisation de l'offre spatiale, montre que les coefficients de l'offre spatiale et ceux de ses variables explicatives (niveau d'aménagement et nombre de curiosités naturelles) ont des coefficients opposés.

[294] D'après Pumain (D.) et Saint Julien (T.), *Ibid.* - p. 134.

X	*Equipement des sites (Nai, niveau d'aménagement)*	*Nombre de curiosités naturelles accessibles par parking*
I	*0.88*	*0.58*

Tableau 48 : Indice de Geary des variables explicatives de l'offre spatiale

Cette dichotomie montre que l'espace possède une répartition homogène des éléments naturels et des équipements sur des sous espaces biens déterminés alors que l'offre spatiale sur les mêmes sous espaces est hétérogène (I=1.78). Or, l'offre spatiale *Oi*, telle que nous l'avons définie, traduit les pratiques de visite liées à la perception et à la motivation des individus[296].

Si cette offre apparaît diversifiée sur ces sous espaces, ce n'est pas que les sites voisins soient réellement différents mais qu'ils induisent des pratiques récréatives différentes sur chacun des sites appartenant au voisinage. Les sites naturels sont plus ou moins distants des parkings et n'entraînent pas obligatoirement les mêmes types de cheminements pédestres.

Dans l'optique d'une action sur le territoire, si l'on veut agir sur la distribution des visiteurs, il est nécessaire de prévoir des actions sur les relations spatiales associées à une politique de diversification de l'offre. Si l'on souhaite promouvoir un réseau d'accueil, il est nécessaire de travailler sur des sites offrant des activités diversifiées mises en relation par un réseau qui favorise la proximité des sites. Dans une stratégie d'aménagement contraire, on procédera à des opérations qui limitent le nombre de site dans le voisinage (accès, fermeture de sites...).

Ainsi, selon la stratégie de développement à mettre en œuvre (réduction ou augmentation des fréquentations), il nous sera possible d'agir directement sur des contraintes spatiales pour rendre des sites plus ou moins attractifs en fonction du voisinage.

Plus généralement, en matière d'aménagement touristique, ces résultats jettent un trouble sur la façon de structurer un espace d'accueil. Il faut offrir sur un espace naturel des sites aménagés suffisamment homogènes pour qu'il offre aux visiteurs des activités diversifiées. En pratique, les routes touristiques ou des espaces aménagés qui n'offriraient qu'un type de pratique, où tous les sites seraient similaires, sont voués à l'échec, alors que cette même route ou cet espace, avec des sites choisis et aménagés en fonction d'une diversité d'offre autour d'un thème aurait plus de chance d'être attractif.

[295] Coefficients d'autocorrélation spatiales des "offres spatiales" sur les sites, Annexe 16 , page 361.

[296] Ce qui est tout à fait normal car les sites naturels et aménagés se localisent sur le réseau sur des sous-espaces précis : route des crêtes et secteur du Ballon d'Alsace.Le coefficient I pour les probabilités de répartition des visiteurs sur les sites aux heures de pointe est égal à 1.31 (cf. Coefficients d'autocorrélation spatiale des probabilités de fixation sur les sites. Annexe 16 , page 355).

A titre d'exemple, il ne suffit pas de créer une route de la pomme (PNR Brotonne) ou autre route à thème, encore faut il que les points d'arrêt ne soient pas éloignés, que les visiteurs puissent trouver sur cet espace des sites aux activités diversifiées qui agrémentent leur circuit de visite. Sinon on risque de connaître une désaffection très bien décrite par la formule : "*Quand on en a vu un, on les a tous vus*".

5). Introduction à un "champs d'indifférence"

Il apparaît évident que les déplacements sont régis par des phénomènes de seuils maximum, mais nous devons aussi nous poser des questions sur des seuils minimum de déplacements, car nous observons des phénomènes de polarisation des fréquentations sur des agrégats de sites (secteur des crêtes entre le col de la Schlucht et le Hohneck).

Si la distance entre deux parkings est en dessous d'un certain seuil, le visiteur peut alors considérer que les deux sites sont à égale distance du point d'entrée, une différence de quelques minutes pouvant être considérée comme négligeable. Cette notion a été développée par N. Devletoglou[297], à partir des aires de recouvrement de marché entre deux pôles qui induisent une zone dans laquelle les consommateurs n'ont pas de "préférence spatiale" et met ainsi en évidence une distance minimale perçue. Ph. Mathis[298] introduit la notion de zone d'indifférence en développant le concept de champs d'indifférence et conclue que ces champs induisent une zone d'incertitude générée par la coexistence de plusieurs pôles.

Cette notion de champs d'indifférence est importante pour notre problématique d'évaluation de l'attractivité d'un site et tout particulièrement pour cerner cette notion de voisinage que nous avons mis en évidence. En fonction du niveau d'organisation et de l'échelle, deux sites peuvent être alors considérés confondus ou non, si la distance les séparant est au-dessous d'un certain seuil. Par exemple sur la route des crêtes, les parkings sur le secteur du Hohneck/col de la Schlucht forment un agrégat de sites et peuvent être considérés, au départ des "villes portes" comme appartenant à un même ensemble, voire confondus, car ils desservent les mêmes espaces naturels. Alors que le Grand ballon, situé plus loin sur la route des crêtes, apparaît comme un site bien différencié sur l'espace d'accueil.

---

[297] Devletoglou (N.), "*A dissenting view of duopoly and spatial competition*", Economica, vol.32, 1965. p140-160.
[298] Mathis (Ph.), " *Introduction à une théorie unitaire des implantations commerciales*", thèse de troisième cycle, Ecole Pratique des Hautes Etudes, Paris, 1973.

B. Résultats Ecrins[299]

Les bases de données que nous possédons sur les Vosges, nous ont permis d'analyser le rôle des contraintes spatiales sur les déplacements. Pour l'espace Ecrins, nous tentons d'utiliser le modèle en tant que simple outil afin de vérifier la validité de la méthode d'approche par l'analyse des contraintes spatiales sur les déplacements.

1). Une fréquentation radicalement différente des Vosges

En l'absence d'un travail sur le terrain, nous ne possédons ni l'expérience, ni l'intuition acquises au cours d'observations, suceptibles de faciliter l'analyse des résultats. Cependant, après calibrage des indicateurs, les résultats sur les Ecrins sont très intéressants dans la mesure où ils traduisent des comportements récréatifs différents, liés semble-t-il, à une organisation différente de l'espace.

Les résultats obtenus permettent de penser que le modèle FRED peut être utilisé pour définir certains aspects des formes de déplacements et de pratiques récréatives sur les espaces naturels. Tout est bien sûr conditionné par les données initiales que nous entrons dans le modèle (cf. Conditions initiales sur les Ecrins et les Hautes Vosges, page 259)

Indicateurs spatiaux de déplacements	*Calibrage Ecrins 15 heures*
Distance - temps accessibilité D(1)	*53 minutes*
Distance - temps attraction D(2)	*néant*
Elasticité offre spatiale(α)	*0.60*
Elasticité distance attraction (β)	*Néant*
Elasticité distance accessibilité (γ)	*0.00*
Contemplatifs en %	*0.00*
Promeneurs en %	*79.0*
Randonneurs en %	*21.0*
Résidus	*194*
Coefficient de régression de la droite	*0.94*

Tableau 49 : Output, résultats des calculs de calibrage des indicateurs spatiaux[300]

Les principales caractéristiques des répartitions des visiteurs obtenues par FRED sur les Ecrins peuvent être vérifiées avec les données de l'étude de fréquentation du parc. Seulement 11 % des visiteurs sur le parc marchent moins de deux heures, alors que dans les Vosges nous avions des chiffres contraires (une grande majorité de promeneurs à moins de deux heures).

[299] Carte de localisation des Ecrins en Annexe 4 .
[300] Tableaux des meilleurs résultats en Annexe 15

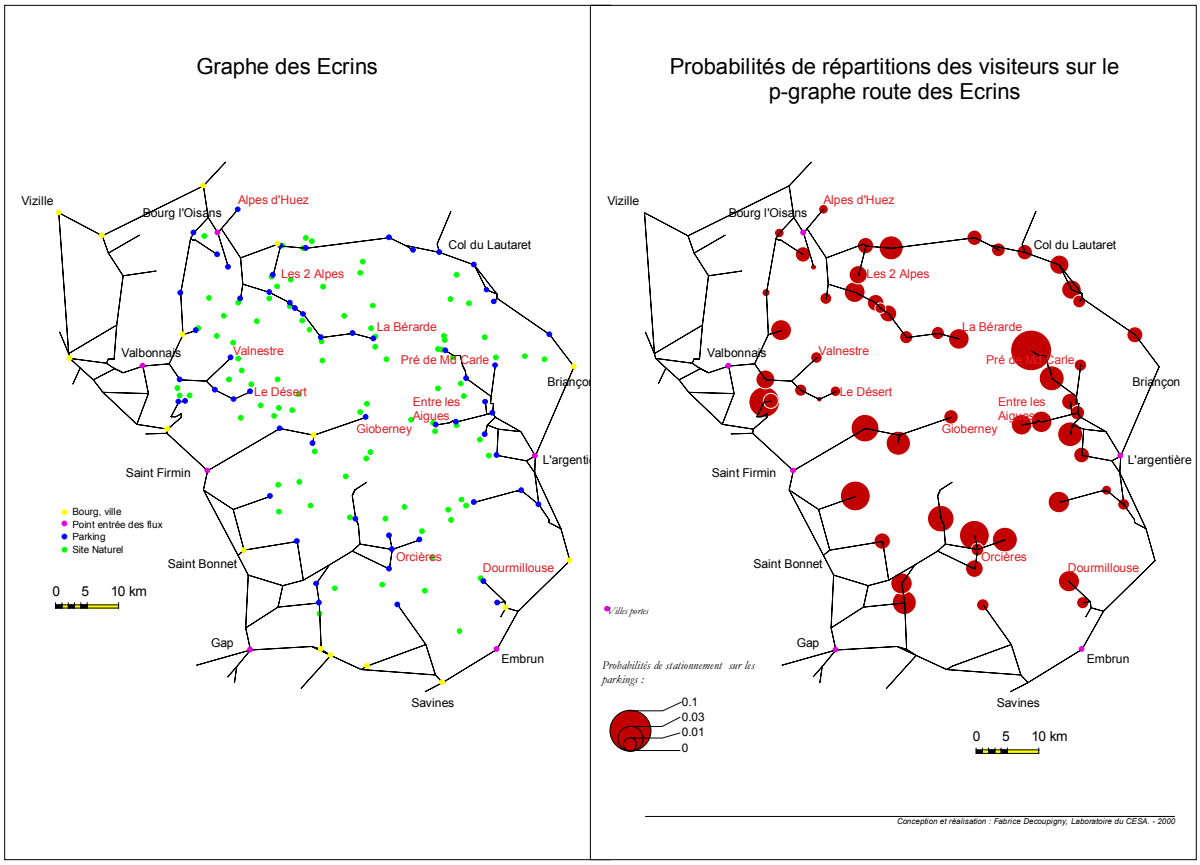


Figure 67 : Répartition des visiteurs sur les Ecrins

2). Des contraintes spatiales spécifiques

Les formes de répartitions sur les Ecrins sont différentes de celles des Vosges pour plusieurs raisons. La première et la plus importante concerne les contraintes spatiales. Seules deux contraintes entrent en jeu : l'accessibilité des sites aux points d'entrée et l'offre spatiale des sites. Il semble que les attractions absolues des sites voisins ne soient pas un facteur d'attractivité des sites.

Si la contrainte spatiale des attractions n'est pas intégrée, cela ne veut pas dire que le voisinage ne soit pas un facteur important. Nous pensons que ce résultat traduit le fait que pour un visiteur du parc, le voisinage représente tout le parc c'est-à-dire qu'il n'existe pas, pour lui, de sous espace plus attractif qu'un autre. Les enquêtes de l'étude de fréquentation montrent que le visiteur perçoit le parc de façon homogène.

Ce résultat nous indique que la fréquentation des sites sur les Ecrins est d'une toute autre nature que sur les Vosges puisqu'il ne semble pas que les visiteurs privilégient des espaces particuliers et une forme de "circuit touristique".

De plus, cette analyse est confortée par le poids attribué à l'offre spatiale. L'élasticité α de l'offre spatiale est inférieure à 1, ce qui veut dire que l'élasticité réduit les différences des offres spatiales et par conséquent l'attractivité entre les sites.

Si sur les Hautes Vosges, la fréquentation semblait dépendre de sous espaces de circulation dans lesquels les visiteurs de type contemplatif pouvaient faire plusieurs arrêts, sur les Ecrins les visiteurs de type promeneur et randonneur (79 et 21 %) se répartissent sur l'espace en ne privilégiant qu'un site. C'est-à-dire que les visiteurs ne font pas de circuits touristiques et semblent ne fréquenter qu'un site dans la journée.

La région est plus éloignée des grands centres urbains que les Vosges. L'enclavement des Ecrins dans la région fait que cet espace est plus fréquenté par une population de vacanciers qui visitent le parc à la journée. Elle pratique des promenades de plus longue durée, 90 % des visiteurs restent plus de 2 heures (57 % entre 3 heures et la demi-journée et 27 % la journée entière) sur les sites. Lorsque l'on reste aussi longtemps sur un espace naturel, on ne visite en général qu'un site.

Ce résultat semble tout à fait cohérent avec le type d'espace que sont les Ecrins et la topologie en arborescence du réseau qui limite le nombre de sites visités. Un autre élément nous indique que la population possède un comportement différent d'une population résidente. Le modèle n'affecte pas une pondération à l'accessibilité des sites aux points d'entrée puisque l'élasticité γ sur la distance d'accessibilité est égale à 0.

Cette caractéristique peut s'expliquer par une spécificité locale. Les Ecrins forment un parc national qui possède une offre spatiale qui apparaît pour le visiteur, homogène sur tout son territoire. En effet, le parc possède une attractivité fournie par un effet d'annonce dû à la notoriété du statut de ce territoire qui lui fait percevoir l'ensemble de l'offre homogène. Pour le visiteur, tous les sites appartenant au parc sont attractifs et il est sûr de trouver sur le territoire une nature préservée[301], un accueil, et une accessibilité aux sites naturels.

Il n'est alors pas étonnant que les visiteurs effectuent un déplacement plus long que sur les Hautes Vosges pour atteindre les sites. Finalement on ne fait pas de circuit, mais on va plus loin.

[301] L'enquête sur les Ecrins a montré que 70 % des visiteurs percevaient plus le parc comme un "espace préservé" que comme un" espace de montagne".

La sensibilité à la distance étant faible, la différence des distances pour que deux sites soient considérés comme ayant des accessibilités différentes doit être très grande, ces sites sont donc mutuellement dans les zones d'indifférences des unes des autres.

3). Une topologie spécifique

Si le calibrage des indicateurs spatiaux, nous ont permis de brosser un portrait rapide des formes de distributions des visiteurs sur les Ecrins, l'organisation du réseau d'accueil apparaît être aussi un facteur important. La structure en arborescence du réseau et la densité des sites confèrent aux Ecrins un espace récréatif radicalement différent de celui des Vosges.

L'organisation et la structure du réseau ne permettent pas la réalisation de circuits touristiques. D'une part, le choix des circulations est limité par la topologie (arborescence) et d'autre part, la densité des sites est beaucoup plus faible que sur les Vosges.

La carte de la *Figure 68* (page 294) montre que les liaisons inférieures à un quart d'heure entre les sites sont peu nombreuses. Il n'est donc pas intéressant pour le visiteur de visiter d'autres sites car il perdrait trop de temps en déplacement voiture entre deux arrêts.

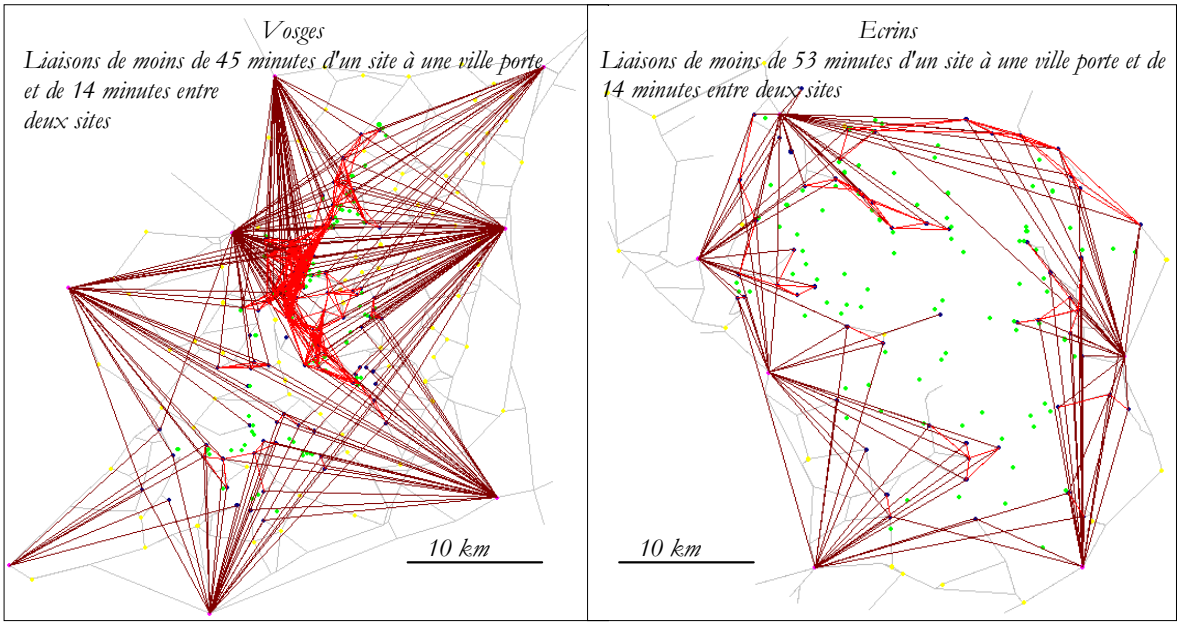


Figure 68 : Différences d'accessibilité entre les Vosges et les Ecrins

Cette observation doit toutefois être nuancée. Les parcs nationaux adoptent des politiques d'accueil touristique pour gérer la localisation des parkings. A l'origine, ces espaces sont inhabités, et la majeure partie des équipements et des parkings existants ne préexistaient pas aux parcs, contrairement aux Vosges.

Pour les Ecrins, l'analyse du poids des contraintes spatiales dans l'attractivité des sites est plus simple que celle des Vosges, car seules deux contraintes spatiales sont déterminantes: l'accessibilité aux portes d'entrée et l'offre spatiale (*Figure 69*).

Effet du réseau sur les attractivités des sites des Ecrins

Différences absolues des quantités de véhicules sur les sites entre la simulation de la répartition des visiteurs (conditions au calibrage) et :

La simulation des répartitions si on augmente l'accessibilité de 15 minutes (T= 68 minutes)	*La simulation des répartitions sous la contrainte unique d'accessibilité*
• *Différentiel négatif, site plus attractif pour une accessibilité de 68 minutes* • *Différentiel positif, site plus attractif pour une accessibilité de 53 minutes*	• *Différentiel négatif, site plus attractif pour leur accessibilité* • *Différentiel positif, site plus attractif pour leur offre spatiale*

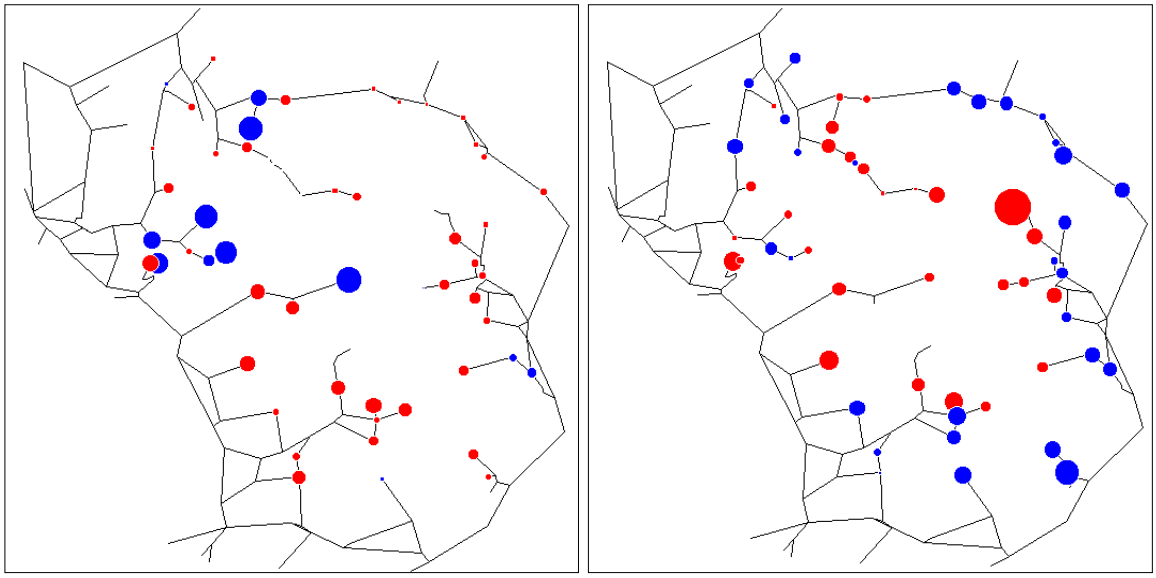


Figure 69 : Contraintes spatiales et attractivités des sites sur les Ecrins

La contrainte dominante apparaît alors plus prévisible que sur les Vosges. Il est alors normal de constater que les sites localisés en fond de vallée possèdent une attractivité donnée par l'offre spatiale (nœuds rouges). Alors que pour les sites positionnés aux entrées de vallées tirent leur attractivité de la proximité aux points d'entrée des flux sur le réseau d'accueil (nœuds bleus).

Les parkings sur les Ecrins ont été localisés à des endroits précis qui permettent une accessibilité à certains massifs. Ils sont sous contrôles dans la mesure où les services du parc limitent le stationnement sauvage. La structure du réseau en arborescence rend la gestion des flux de visiteurs plus maîtrisables que sur les Vosges, car les visiteurs ne s'arrêtent que sur un seul site et ont généralement tendance à se garer sur des aires réservées. Le stationnement

sauvage est souvent le fait d'un circuit qui multiplie les arrêts, dans ce cas le visiteur a tendance à s'arrêter un peu n'importe où.

C. Simulations des impacts des déplacements pédestres

1). Conditions d'utilisation du module pgs

Après avoir évalué les probabilités de répartition sur les parkings, nous allons simuler les cheminements des déplacements des visiteurs sur les milieux naturels au départ des parkings. Le premier module nous fournit des informations sur les formes de répartition des visiteurs sur l'espace d'accueil. Le second évalue la localisation probable des impacts sur les milieux naturels en fonction des comportements de diffusion des différents types de visiteurs.

Comme nous pouvons le constater, l'espace de référence (réserve naturelle du Tanet et Gazon du Faing) est desservie par cinq parkings. Si l'on désire limiter la fréquentation sur la réserve, il ne suffit pas de fermer un, deux ou trois parkings. En effet, ces aménagements pourraient entraîner une pression plus importante encore, les flux de visiteurs se concentrant sur des accès restés ouverts.

Il est donc nécessaire, dans un premier temps, de rechercher dans quelles conditions sont générées les impacts existants et, dans le cas d'une détermination des formes de déplacements sur les milieux naturels, il devient alors possible d'engager des actions d'aménagement. Or les simulations antérieures sur les répartitions nous apprennent que les visiteurs sont de type contemplatif, c'est-à-dire qu'ils se diffusent dans les aires de diffusion de 500 et 1000 mètres, ce qui correspond à des déplacements de moins de 1h30.

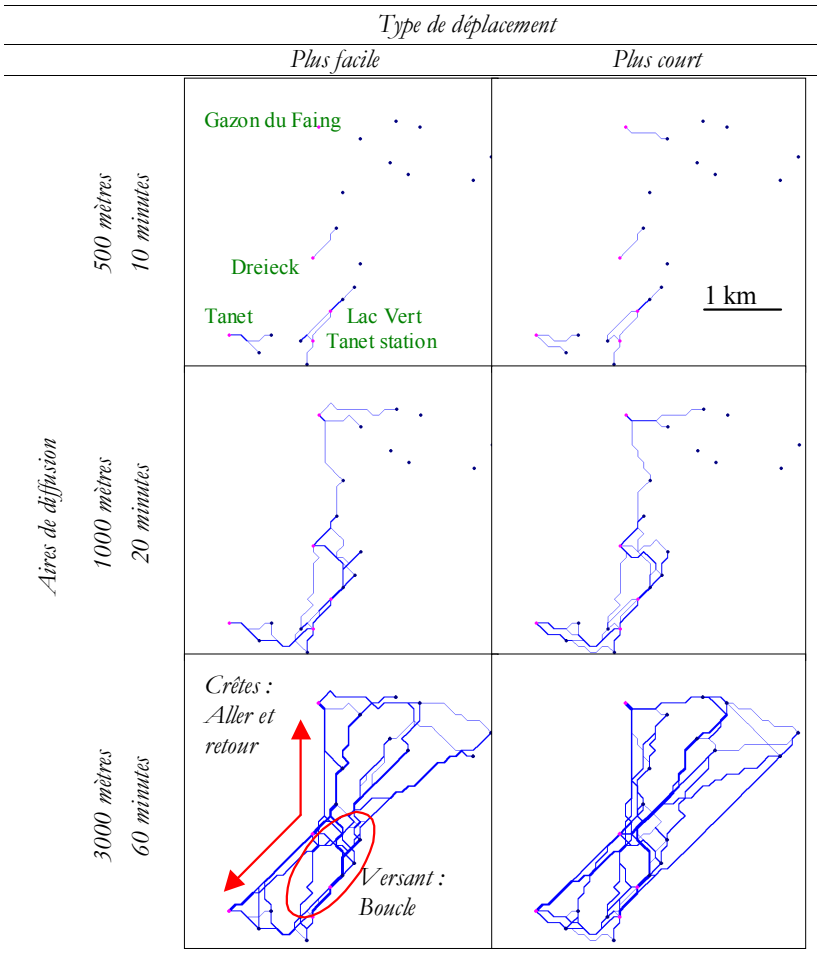
En fonction des trois types de trajets pédestres (aller, circulation et retour au parking), nous testons différents temps de parcours correspondant aux pratiques de diffusions spatiales et les comparons aux observations existantes (photographies aériennes et comptages sentiers).

Il n'est pas question de refaire des calculs d'ajustement, car nous ne possédons pas suffisamment de données (seulement trois sentiers comptés sur le secteur du Tanet, cf. Annexe 8). De plus, les résultats ne fournissent pas une probabilité de cheminement sur des sentiers, mais des fréquences d'utilisation des arcs en fonction des itinéraires reliant les différents points entre eux. Ces comptages sentiers peuvent cependant être utilisés pour avoir un ordre de grandeur des fréquentations, et constater si les simulations apparaissent cohérentes ou non.

2). Une fréquentation sélective sur l'espace

Les représentations graphiques, ci-dessous, simulent les déplacements d'accessibilité du parking aux points "arrêt" (ou curiosités naturelles ou sites naturels) en fonction des déplacements qui s'inscrivent dans les aires de diffusion.

Ce type de résultats est tout à fait concordant avec les contraintes de déplacements qui gèrent les pratiques de diffusion sur les espaces. Si les points d'accessibilité au massif se trouvent sur les versants, les déplacements, qui minimisent les efforts (déplacement au "*Plus Facile*"), ont tendance à concentrer les cheminements en contre-bas des pentes et orientent la promenade vers une boucle. Mais si les accès sont placés sur les crêtes, alors les cheminements se font plutôt en aller et retour.



- Parking
- Site naturel (ou curiosités naturelles)

Figure 70 : Impacts des cheminements des déplacements au départ des parkings

Nous pouvons aussi constater que les points de départ et d'arrivée de ces cheminements se

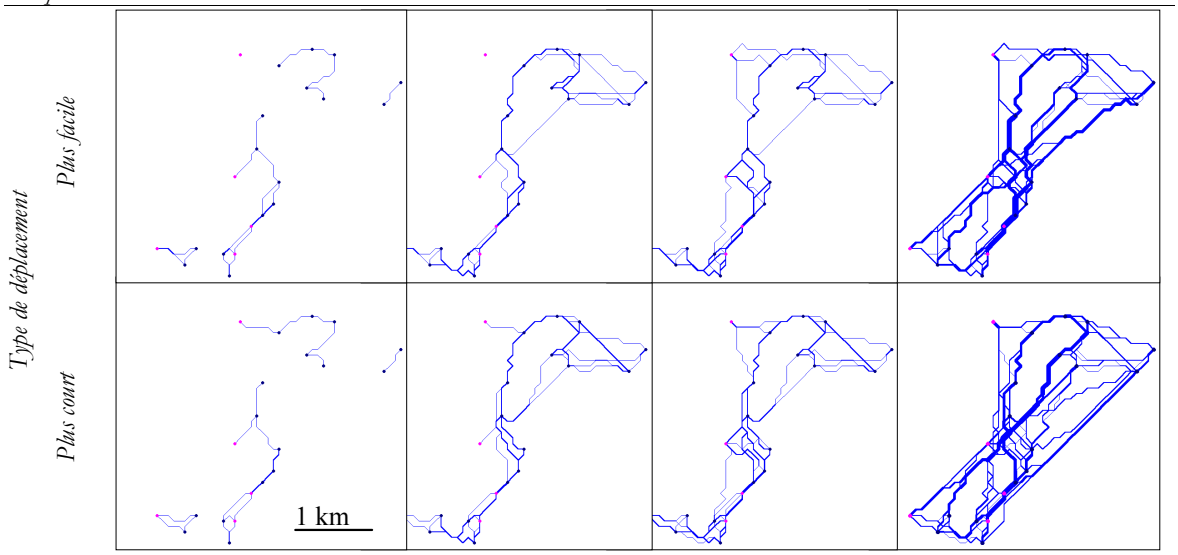
trouvent sur deux espaces différents, les versants ou les crêtes. Le modèle rejoint ici, une des observations que nous avons pu faire lors de l'Étude Fréquentation des Hautes Vosges : il existe des flux de fréquentations très sélectifs dans leur répartition spatiale. Les points de fixation (accessibilité du massif) déterminent en grande partie l'espace et le type de promenade, soit en boucle, soit en aller et retour.

3). Des impacts différenciés

Les simulations des déplacements, sur le Tanet, ci-dessous, calculent un double déplacement des visiteurs sur l'espace naturel : un premier déplacement du parking aux curiosités naturelles et un second déplacement de circulation entre les curiosités naturelles.

Impacts cumulés des déplacements allers (parkings - curiosités naturelles) et des flux circulant entre les curiosités naturelles

Temps 1	*10*	*10*	*20*	*60*
Temps 2	*10*	*20*	*20*	*60*



Temps 1 : temps de déplacements des cheminements entre les parkings et les curiosités naturelles
Temps 2 : temps de déplacements des cheminements entre les curiosités naturelles

Figure 71 : Simulation des cheminements des différents visiteurs sur l'espace Tanet-Gazon du Faing

Lorsque l'on compare les figures de la série de la contrainte de déplacement au *"Plus Facile"* avec une carte, nous pouvons constater que les cheminements engendrés par le modèle correspondent aux sentiers existants. Tout en restant prudent, on peut dire que les chemins existants sur un espace subissant des fréquentations forment un réseau de circulation qui structure les déplacements sur des allers et retours sur les crêtes et en boucle sur les versants.

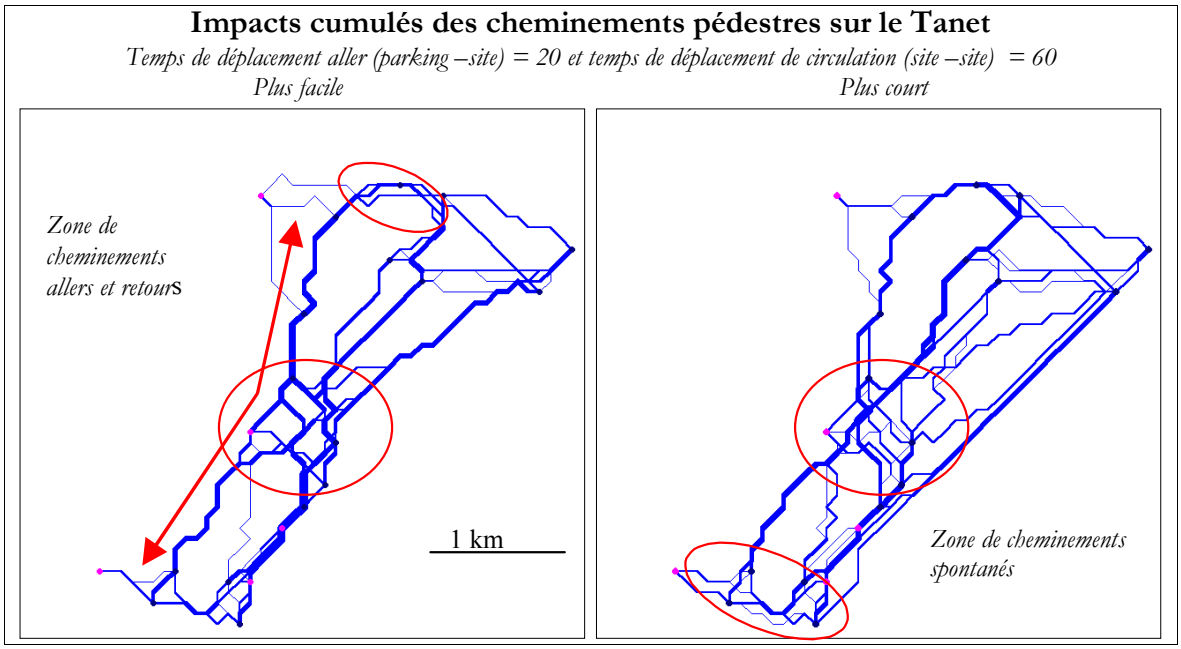


Figure 72 : Détails des impacts des cheminements sur la réserve naturelle du Tanet – Gazon du Faing

En effet, il semblerait que les flux de fréquentations s'orientent sur un site de façon à aligner le plus de points remarquables sur une promenade.

On peut constater que presque tous les cheminements sous contrainte d'un déplacement au *"Plus Facile"* passent à proximité des points d'arrêt. Nous avons ainsi un réseau probable de cheminements plus concentré sur des linéaires, contrairement aux cheminements résultants des déplacements au *"Plus Court"* qui déterminent un réseau de sentiers plus diffus. Il est intéressant d'observer que les conditions des cheminements peuvent avoir des impacts différents sur l'espace. La contrainte de déplacement au *"Plus Facile"* canalise les flux de visiteurs sur des sentiers déterminés et induit des impacts qui se traduisent par des élargissements de sentiers.

Les simulations sur graphe sentier *"Plus Court"* montrent un espace plus irrigué et plus couvert par des cheminements où l'on voit apparaître aussi un axe de circulation préférentiel nord – sud. Cette observation est importante, car cet axe est décomposé en deux parties : la première, au sud, longe le versant et la seconde, au nord, suit la crête. Quel que soit le type de déplacement, les concentrations sur des linéaires se font sur des cheminements qui ont peu de dénivelé. Lorsque la pente s'accentue, ces cheminements disparaissent au profit d'une multiplication des cheminements spontanés[302].

[302] Coupures de lacets, diffusion latérale des cheminement en descente, (cf. les travaux de Thenoz (M.), "*La pratique touristique estivale et son impact*... op. cit.).

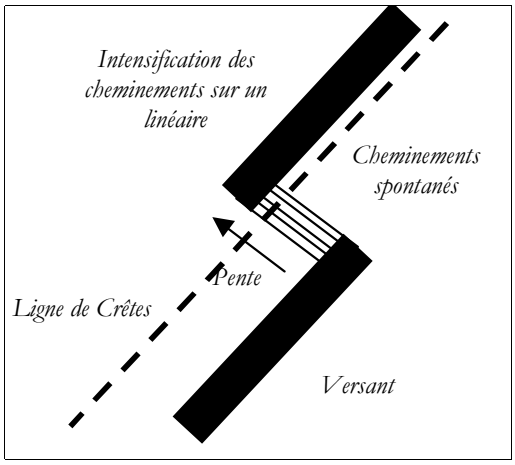


Figure 73 : Impacts types sur l'espace

Ces résultats incitent à penser que les types de déplacements qui répondraient à la contrainte au *"Plus Court"* sont susceptibles d'engendrer des impacts différents comme la multiplication des cheminements spontanés et les coupures de lacets que l'on observe souvent sur les pentes des massifs montagneux.

4). Le retour

Lorsque l'on intègre les déplacements retour, les résultats des simulations sont plus nuancés. Les simulations précédentes montrent notamment que les cheminements de sites à sites concentrent les flux sur des linéaires et que les impacts semblent plus importants.

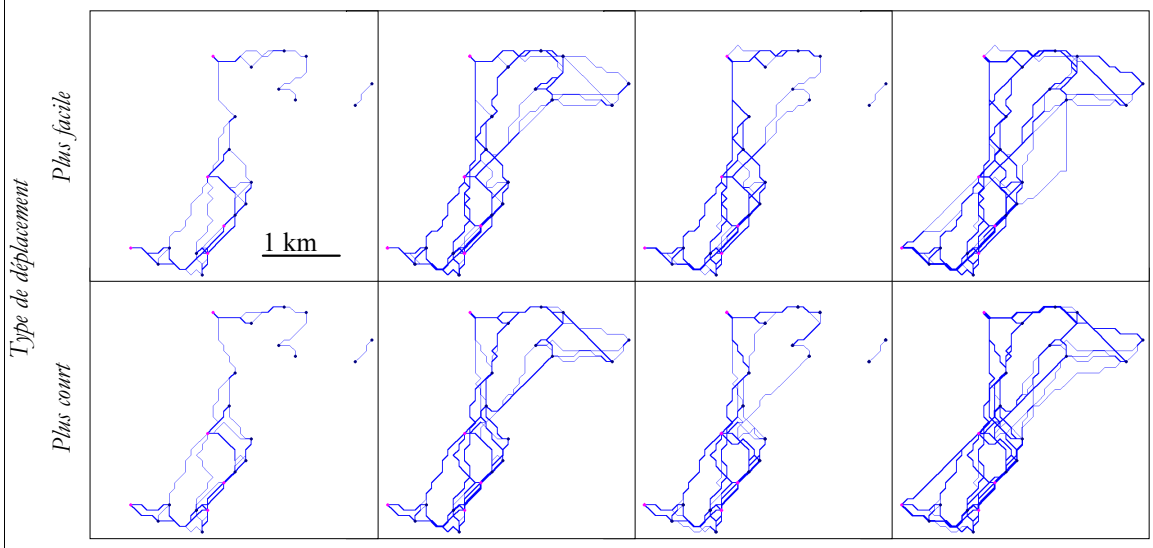
En effet, 80 minutes décomposées en un déplacement parking - site de 20 minutes et une circulation de 60 minutes (site – site) font qu'un visiteur peut atteindre plus de sites, le nombre de passages par arc sera donc plus important.

Si ces simulations ne reproduisent pas les promenades dans leur réalité, elles permettent de donner des informations sur les formes d'impacts qu'engendreraient des déplacements de plus longues durées.

Toutefois, si la diffusion des visiteurs sur les milieux naturels est décomposée en trois trajets, on constate que le déplacement retour induit des impacts de type "multiplication de cheminements", comme le montre la série des simulations de la *Figure 74*, page 301.

Ces résultats ne sont recevables que dans l'hypothèse où les individus ne reviennent pas sur leur pas. Dans le cas contraire les impacts tendraient vers un élargissement des sentiers, chaque visiteur possédant alors une double charge écologique.

Temps	*Impacts cumulés des allers et retours sur le Tanet*			
1	*10*	*10*	*20*	*20*
2	*10*	*20*	*10*	*20*
3	*20*	*20*	*20*	*40*



Temps 1 : temps de déplacements des cheminements entre les parkings et les curiosités naturelles
Temps 2 : temps de déplacements des cheminements entre les curiosités naturelles
Temps 3 : temps de déplacements des cheminements retour des curiosités naturelles vers les parkings

Figure 74 : Impacts des cheminements des déplacements aller et retour sur le Tanet

L'évaluation des impacts, comme le montre ces différentes simulations peut être appréhendée par un modèle de diffusion. Mais ce dernier révèle aussi toute la complexité à simuler de tels processus. Il semble que les trois trajets pris indépendamment les uns des autres induisent des impacts suffisamment différents pour considérer que les cheminements qui en découlent ne répondent pas aux mêmes conditions et surtout aux mêmes hypothèses.

Il faut noter que notre modèle ne prend pas en compte le substrat pédologique, la couverture végétale, les précipitations et bien d'autres facteurs qui accentuent ou qui limitent par défaut les impacts occasionnés. Bien qu'il soit limité pour évaluer la localisation des impacts sur un espace naturel, il est tout à fait satisfaisant pour déterminer des impacts probables comme le montre les comparatifs avec les photographies aériennes (cf. *Figure 80*, page 308). Ces résultats traduisent une notion liée à la pression anthropique, Les principaux impacts étant causés par un afflux de visiteurs plus ou moins concentrés dans l'espace.

5). Espace théorique

Nous avons simulé les déplacements sur un espace théorique dans les mêmes conditions que

les 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"*.

La répartition des parkings (magenta ou rouge) et des curiosités naturelles (bleu) 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.

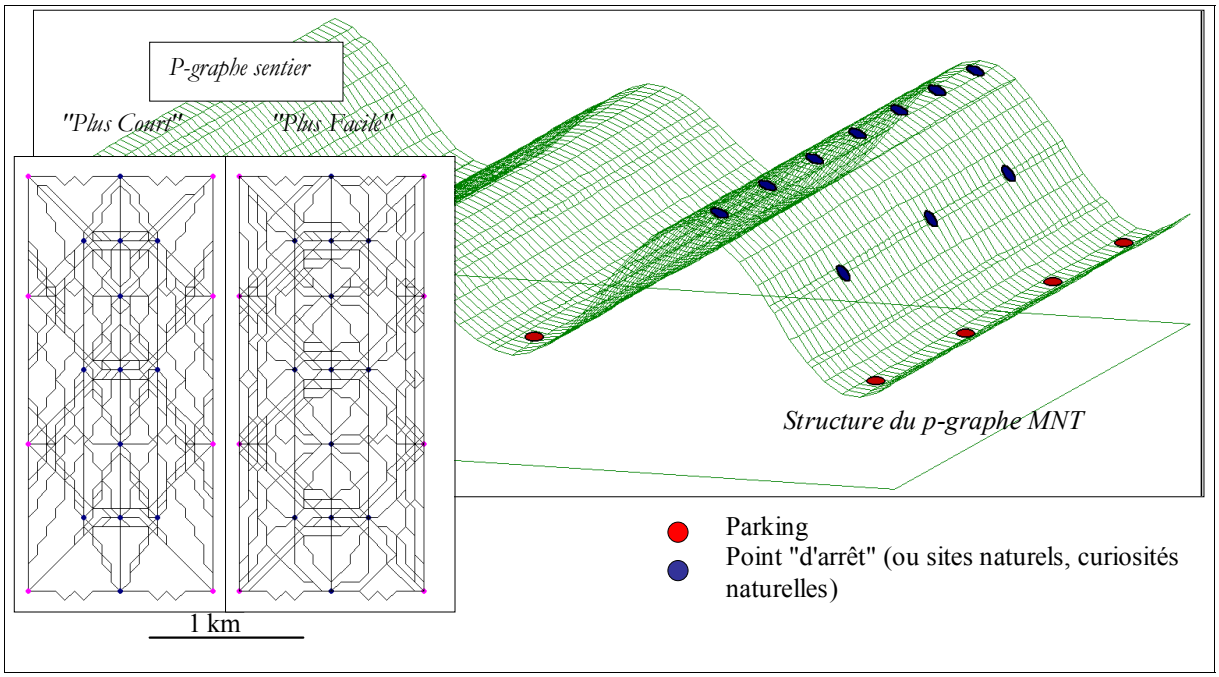


Figure 75 : Structure de l'espace théorique de diffusion pédestre

En effet, les concentrations de cheminements le long du linéaire sur les crêtes des Vosges peuvent être dues à une localisation des parkings au sommet. Nous avons donc préféré ne pas respecter cette particularité spatiale afin de voir si les déplacements répondaient plus à une localisation des points "d'arrêts" sur le milieu naturel qu'à une localisation spécifique des parkings.

Par contre, nous avons respecté une certaine accessibilité des curiosités naturelles aux parkings. Tous les nœuds "arrêts" (bleu) sont accessibles d'un parking à moins de 1000 mètres et se situent sur un couloir au sommet et sur les versants du massif, comme c'est le cas sur l'espace du Tanet.

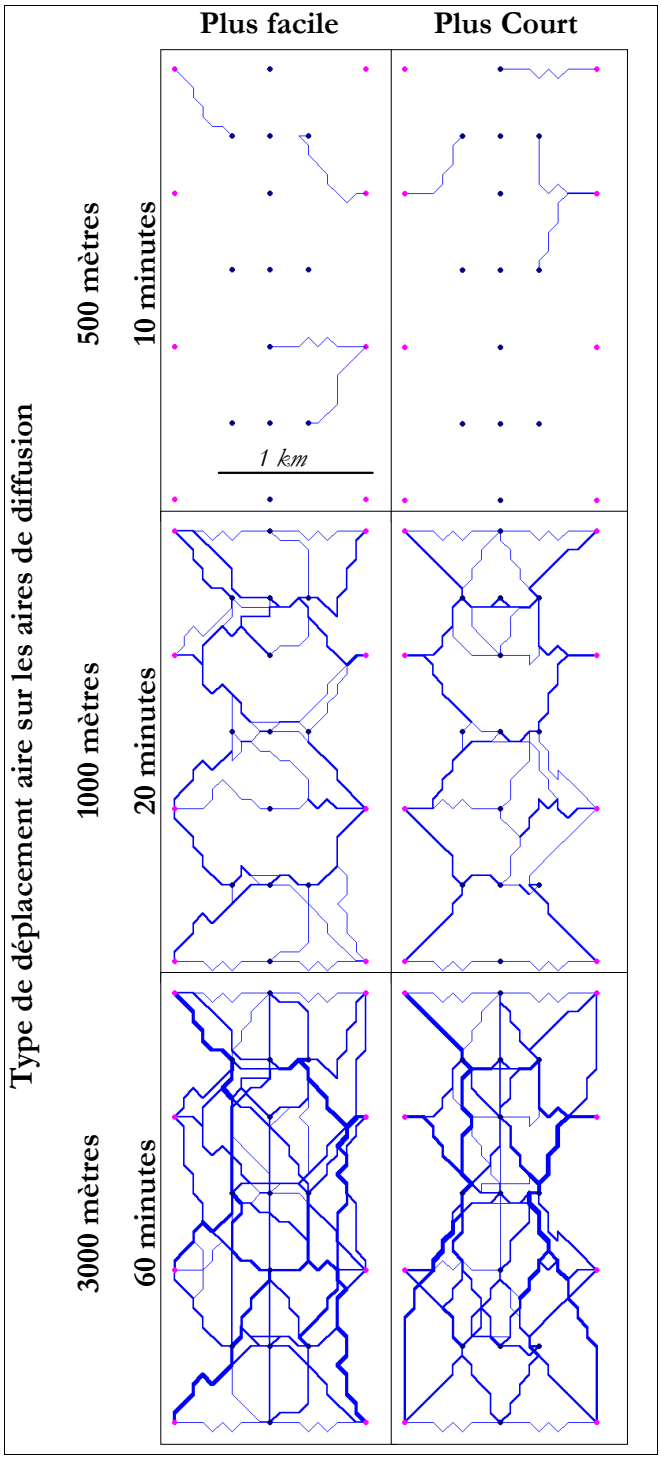


Figure 76 : Impacts des cheminements allers (parkings – sites) sur l'espace théorique

Nous pouvons constater que les simulations des déplacements donnent des résultats différents de ceux obtenus sur les Vosges. 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.

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 77*, page 304).

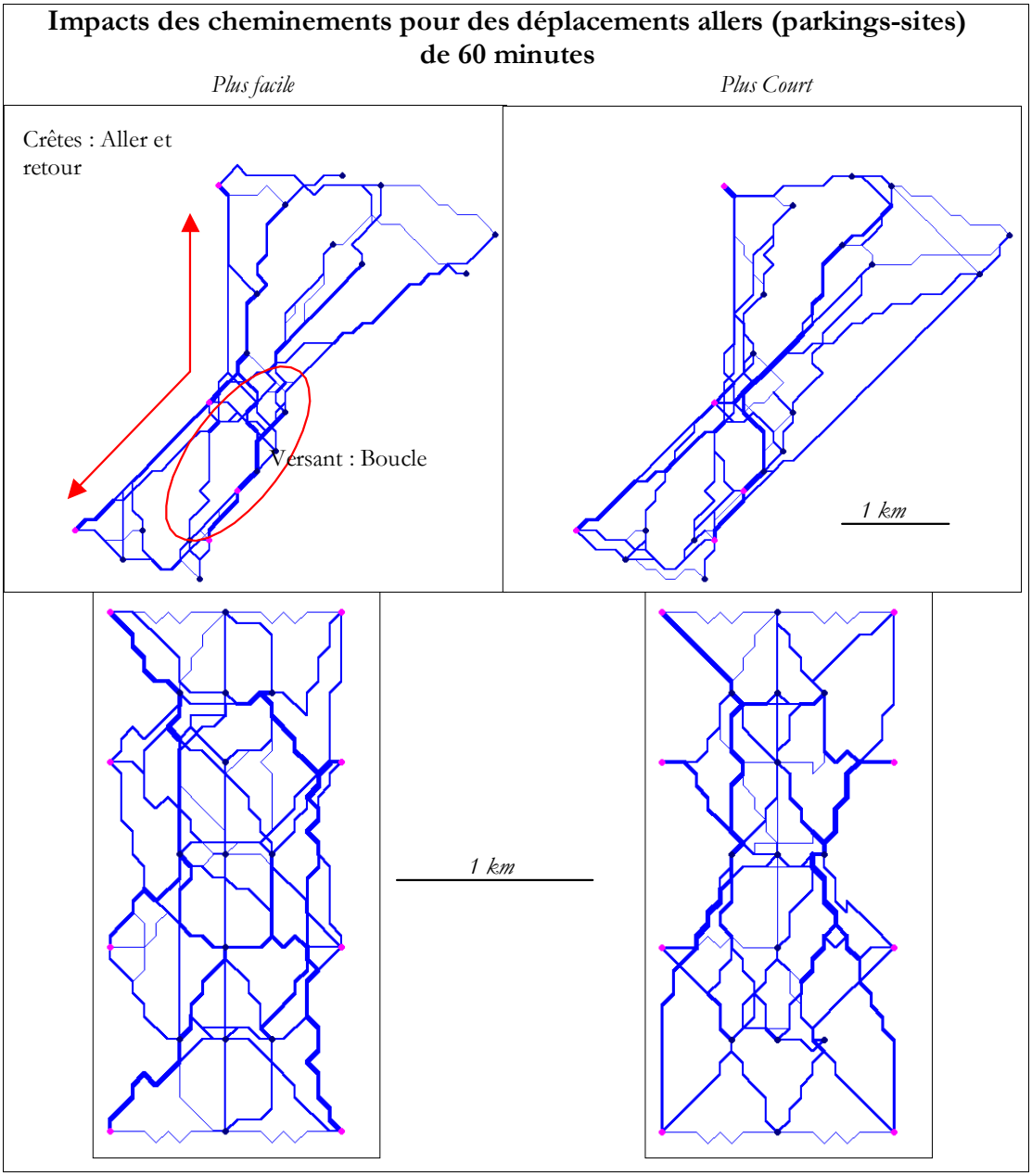


Figure 77 : Détails des simulations des déplacements obtenues entre le Tanet et l'espace théorique

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). C'est l'effet d'homogénéité de la position des nœuds sur l'espace et non le substrat pédologique ni la couverture générale qui seraient responsable, sur les Vosges, des cheminements.

Que signifie 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.

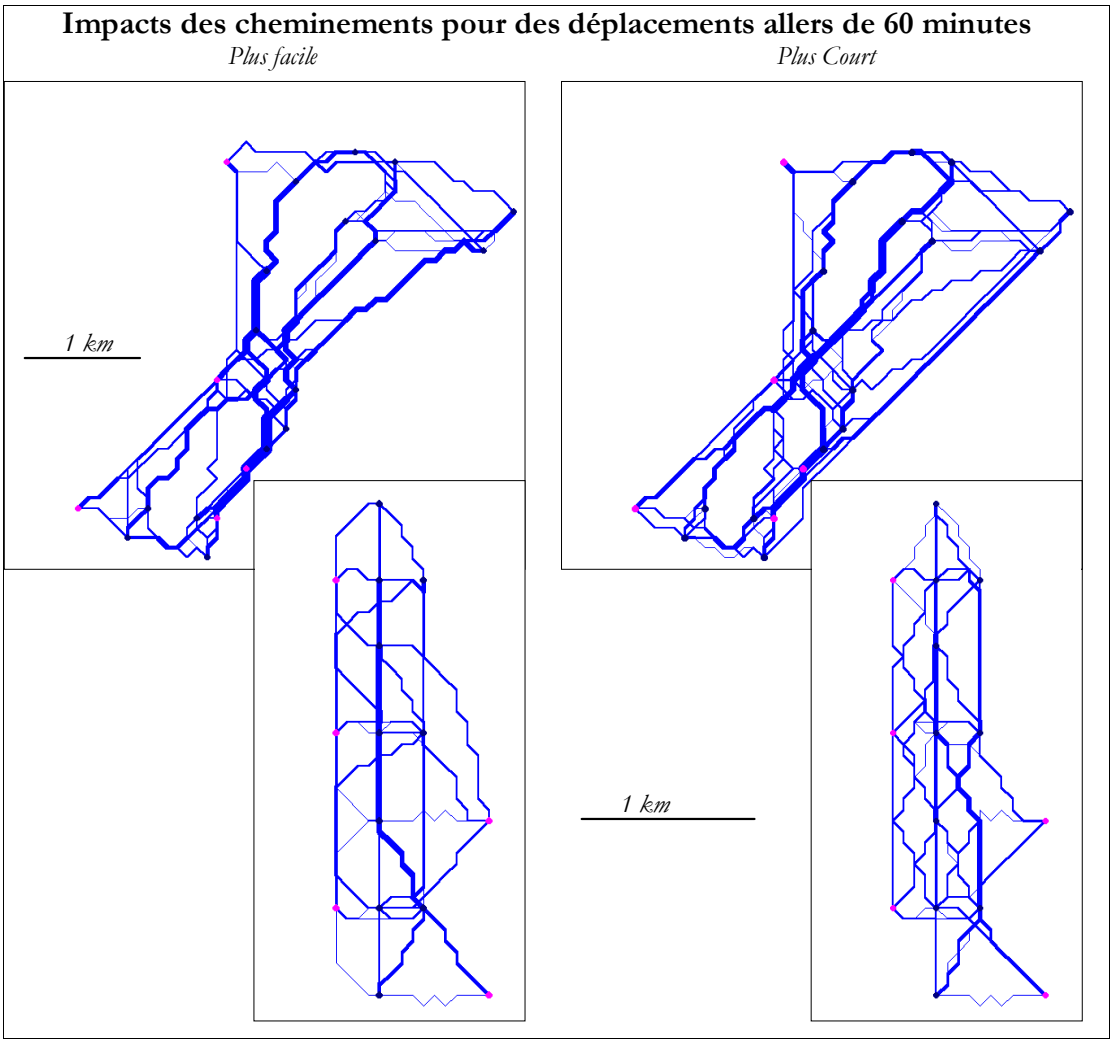


Figure 78 : Impacts des déplacements sur un graphe théorique reprenant les spécificités de l'espace Tanet

Les simulations, sur l'espace théorique (*Figure 78*, page 305), reprennent les spécificités de

l'espace Tanet. Nous avons localisé des parkings à mi-pente et supprimé quelques-uns afin d'obtenir un espace structuré de façon analogue à celui des Vosges. Nous avons gardé le même nombre de sites naturels mais limité l'accès en réduisant le nombre de parkings.

Nous obtenons alors des résultats totalement différents des premières simulations (*Figure 78*, page 305) et qui correspondent à ceux que nous avions 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. Au Sud sur le secteur du Lac Vert, quatre parkings desservent les sites naturels et engendrent une multiplication de cheminements orientés sur un axe nord – sud.

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 faite lors de l'étude 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 aussi 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 impacts peuvent prendre des formes différentes. On retrouve, ici, nos trois éléments en interaction, le lieu, le réseau et le visiteur. Non seulement ils jouent 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, les opérations et les techniques de gestion peuvent être totalement différentes d'un espace à l'autre. Pour agir sur l'espace, il faudra tenir compte de ces trois éléments en interaction : l'accès, le type de diffusion des visiteurs et le relief.

6). Exemple d'applications sur le Tanet

À partir des résultats obtenus des simulations sur les probabilités de fixation des flux routiers sur les parkings, nous calculons les impacts engendrés sur les milieux naturels en tenant compte du poids des flux entrants sur le site naturel.

Nom du parking	*Tanet et Gazon du Faing*	*Dreieck*	*Tanet*	*Station du Tanet*	*Tanet Lac Vert*
Nombre de véhicules	*50*	*70*	*15*	*35*	*20*

Tableau 50: Résultats de la simulation des probabilités de répartition aux heures de pointes sur les parkings ouvrant sur la réserve naturelle du Tanet - Gazon du Faing

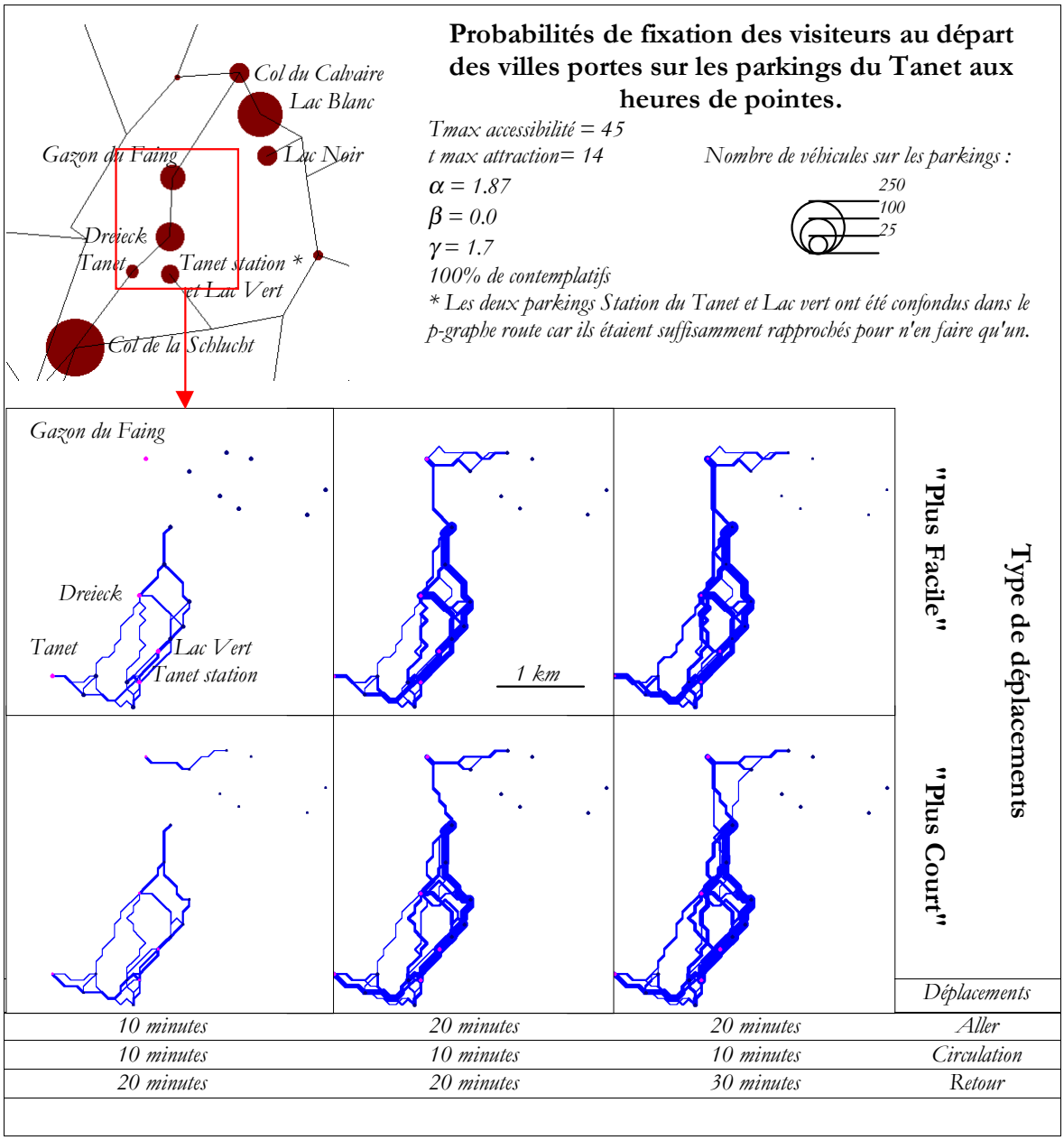


Figure 79 : simulations des pressions anthropiques aux départs des parkings sur la réserve naturelle

Lorsque l'on compare les résultats obtenus avec les impacts existants sur des photographies aériennes, nous pouvons constater que le modèle semble surestimer les pressions sur les pentes (zones 3 et 4). Ces observations sont cohérentes car cette partie de l'espace est sous le couvert végétal de la forêt qui limite ainsi les impacts. Il est alors possible de procéder à un zonage de la réserve naturelle en fonction des pressions anthropiques potentielles. Nous pouvons distinguer cinq zones d'impacts (*Figure 80*).

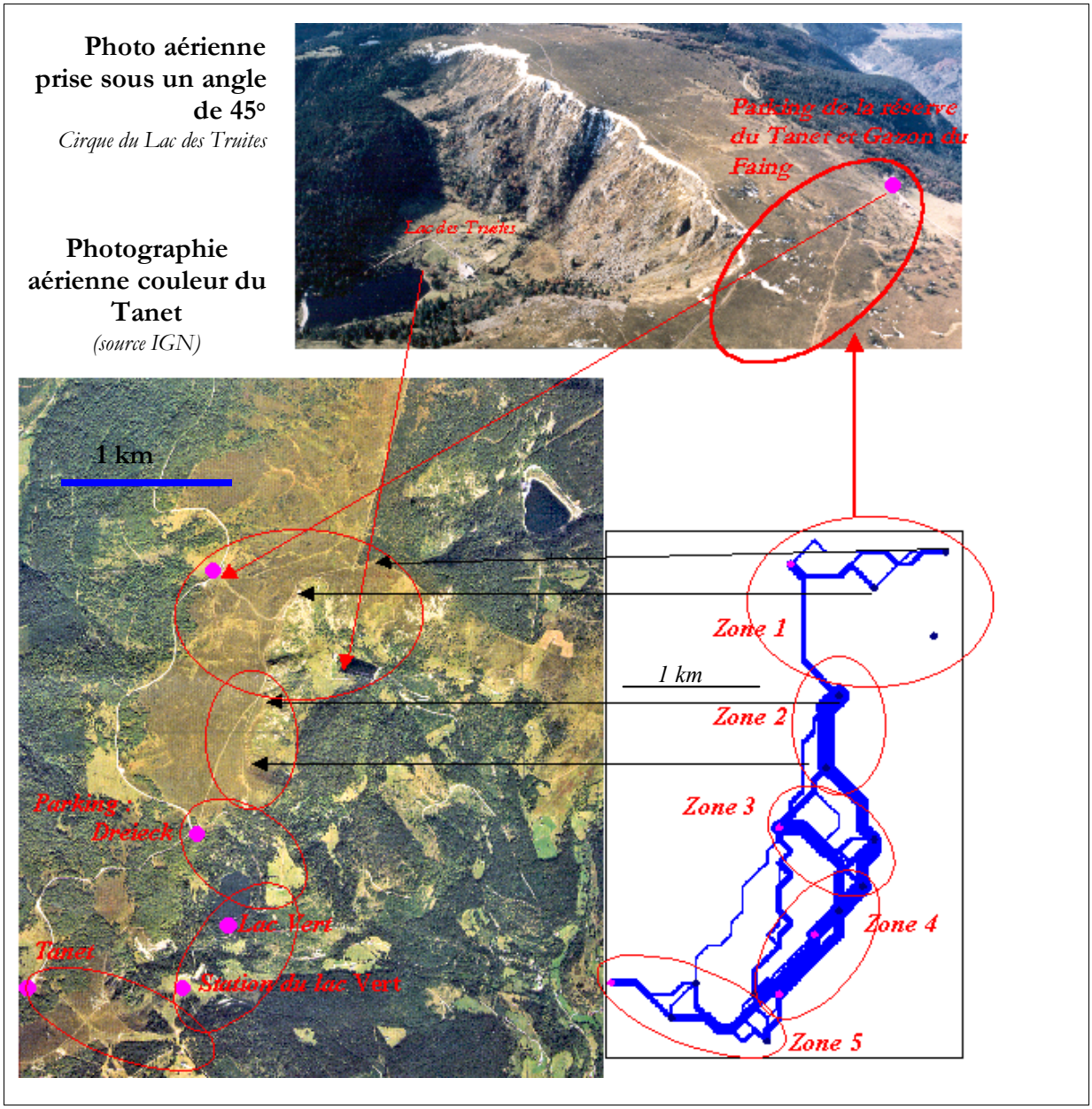


Figure 80 : Comparaison des résultats des pressions anthropiques avec des photographies aériennes

Les zones 1, 2 et 4 subissent des impacts de types élargissements de chemins induits par des promenades en aller et retour. Ces impacts peuvent engendrer des problèmes d'érosion : soit

sur les crêtes (zones 1 et 2), soit sur les versants (zone 4).

Les zones 3 et 5 sont soumises à des impacts de type multiplication de cheminements, car ces zones sont placées sur des pentes et font la liaison entre les sentiers sur les crêtes et ceux sur les versants. Ces impacts sont induits par des promenades en boucle qui partent généralement des parkings du versant, montent et font un déplacement en aller et retour sur les crêtes puis redescendent sur les versants par un sentier différent de celui de la montée.

Au vu de ces résultats, on peut agir sur les comportements de diffusion des visiteurs. Mais pour réaliser ce projet, il est nécessaire de revenir sur la réserve et d'étudier plus précisément les flux pédestres sur l'espace, et notamment les sentiers qui ne sont utilisés que pour la montée et la descente, les boucles de promenade type, les points de retour sur les sentiers des crêtes et de connaître le sens des flux sur les boucles...

Ces informations peuvent dans un second temps servir à élaborer un sentier de découverte, fermer des sentiers pour forcer les visiteurs à emprunter tel ou tel chemin. Le module de simulation FREDpgs décrit des pressions potentielles sur l'espace, circonscrit des zones susceptibles d'être plus fréquentées que d'autres.

L'emploi du modèle se conçoit dans une utilisation "interactive" qui nécessite des "allers et retours" entre les simulations et les observations. Il n'apporte pas de solution mais aide à analyser des situations en fonction d'objectifs précis (préservation ou ouverture au public) et permet de mieux appréhender un projet d'aménagement en évitant des erreurs facilement détectables : création d'un sentier dans le sens contraire des flux pédestres, ouverture d'un parking trop éloigné des sites naturels, mauvais calibrage de la capacité de charge d'un parking (parking conçu pour 100 véhicules alors que le maximum de fréquentation est d'une vingtaine de véhicules).

Section 3. Applications

Afin d'illustrer les utilisations du modèle FRED en aménagement du territoire, nous allons tester le modèle sur un aménagement jugé sensible : la fermeture de la Route des Crêtes sur le Massif des Hautes Vosges.

L'exemple choisi porte sur un problème épineux. Un débat récurrent, au parc des Ballons des Vosges, portait sur le fait que cette route était le principal vecteur de pression touristique puisqu'elle fournissait une très bonne accessibilité aux sites naturels. En la fermant, on réduirait alors obligatoirement la fréquentation et les visiteurs iraient ailleurs sur des espaces périphériques.

On se pose ici la question suivante : quel serait l'impact de la fermeture partielle de la route des crêtes sur les répartitions des visiteurs. L'objectif de cette application sera d'étudier, sur la répartition des flux de visiteurs, l'impact de la transformation du réseau, suite à un projet qui teste deux partis d'aménagement, le premier une simple fermeture de la route des crêtes et le second des actions d'accompagnement en parallèle de la fermeture (ouverture de route, création, fermeture et valorisation de sites).

A. évaluation d'un projet de fermeture de la route des crêtes sur les Hautes Vosges

1). Route des crêtes

Les principales pressions anthropiques sur les Vosges sont concentrées sur les espaces naturels accessibles de la route des crêtes. Sur la seule période estivale, nous avons évalué à plus d'un million le nombre de visiteurs durant l'été 1996 (mi-mai à mi-septembre). Il ne faut pas non plus oublier que sur le même secteur, nous avons aussi deux produits neige (le ski de fond et alpin) qui drainent durant la saison hivernale des flux tout aussi importants.

Le secteur que nous étudions est un secteur plus que sur-fréquenté tout au long de l'année et représente pour toute une population citadine voisine (française, suisse et allemande) un espace de détente et de liberté.

Comme l'ont montré nos simulations antérieures, la route des crêtes n'est pas une route d'accès au massif, mais représente un axe de redistribution des flux (cf. *Figure 57*, page 272). Il

paraît donc évident, si on décide d'intervenir sur cet espace, d'agir sur la route des crêtes.

Cette route apparaît dans ce contexte, l'épine dorsale de la fréquentation des visiteurs sur le massif des Hautes Vosges. Elle offre une accessibilité aux sites naturels remarquables, comme peu d'espace en France. Cette route fut créée par les militaires français le long de l'ancienne frontière franco allemande de 1870 et desservait tous les postes et les fortins des crêtes.

C'est donc une route relativement large qui permet aujourd'hui une bonne circulation et qui n'a rien à voir avec un ancien sentier de chèvre comme on peut en rencontrer dans d'autres régions (Corses, Alpes du Sud, Ardèche...). En tout point de la route, il est possible de s'arrêter et de se promener, ce qui n'est pas toujours le cas pour des routes sur corniches.

L'analyse des attractivités des sites en fonction des contraintes spatiales de déplacements sur le graphe d'accueil a montré que si les aménagements devaient avoir un impact sur les répartitions, il fallait agir sur les trois contraintes spatiales, à savoir : les offres spatiales, les accessibilités et le voisinage des sites.

Dans notre exemple, cela reviendrait à engager, parallèlement à la fermeture, une politique de planification de création ou de renforcement de sites existants accompagnée par la création de nouveaux accès.

Nous allons simuler deux options d'aménagement. Le premier parti d'aménagement est trivial, on ferme purement et simplement la route, mais pas de n'importe quelle façon. La fermeture correspond à la portion de la route fermée en période hivernale[303].

Le second parti d'aménagement consiste à ouvrir partiellement certaines routes selon un schéma de type arborescent et simultanément à gérer la fermeture, l'ouverture ou le renforcement de l'accueil sur certains sites (cf. *Figure 81*, page 312). On agit sur l'offre spatiale en renforçant ou en créant des équipements existants sur certains sites, sur le voisinage en créant ou en valorisant des sites. Enfin, on agit sur l'accessibilité, en ouvrant des routes, soit en les créant, soit en aménageant des pistes forestières, l'objectif étant de délester des flux sur des sites précis.

[303] Portion de la route qui sert de piste de ski de fond dès les premières neiges jusqu'à la fonte au printemps.

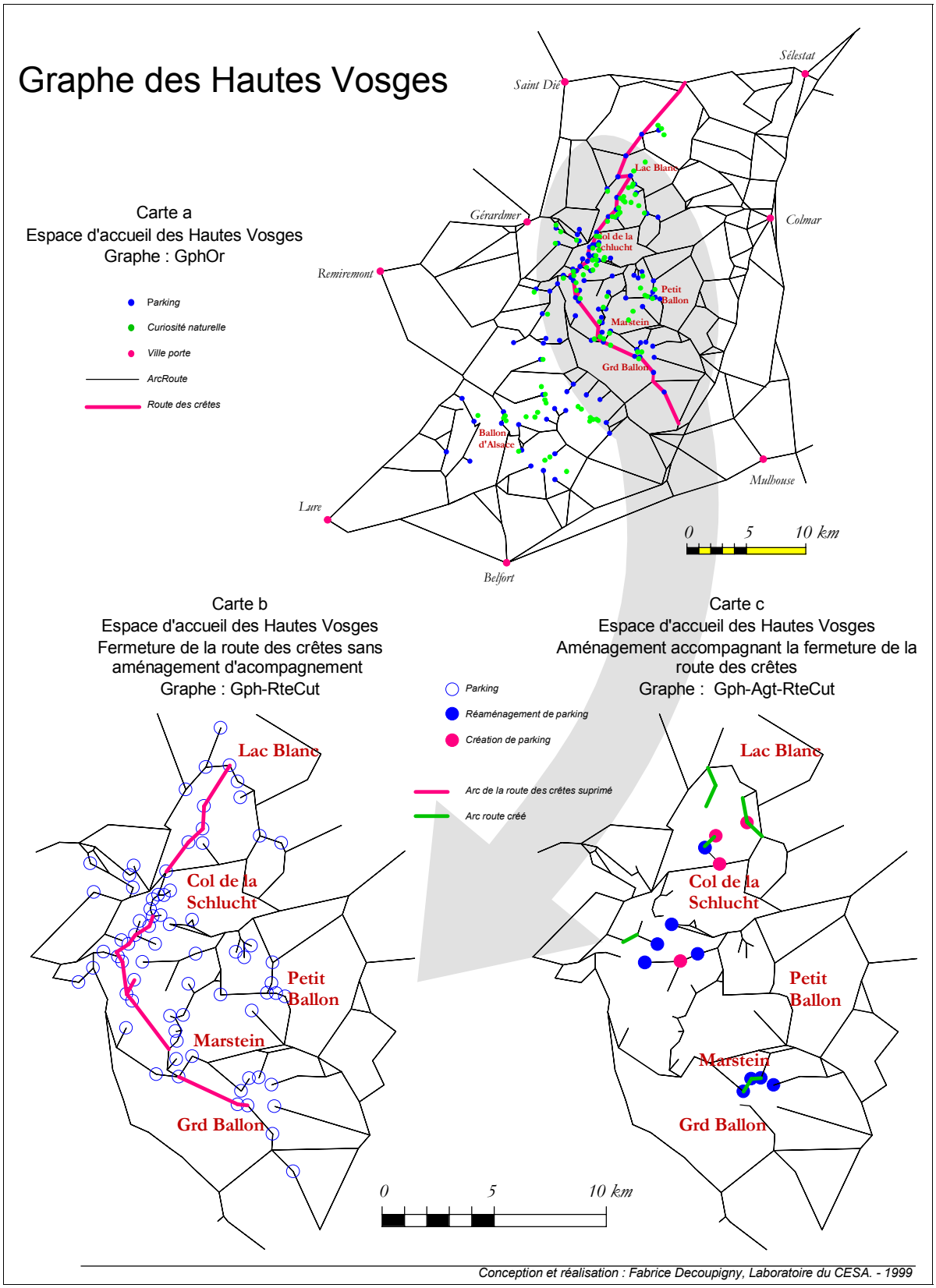


Figure 81 : Coupure et aménagement de la route des crêtes

2). Simulation de la coupure de la route des crêtes

Dans un premier temps, nous simulons l'impact d'une simple fermeture de la route des crêtes (*Figure 82* carte a, page suivante). Les résultats des simulations montrent qu'il ne suffit pas de fermer la route des crêtes pour limiter la pression sur cet espace naturel. Bien sûr, en interdisant un accès voiture, on réduit la fréquentation sur des sites qui ont été fermés. Mais on n'a fait que déplacer le problème.

Les simulations de la coupure *(Figure 82*) laissent apparaître que la route des crêtes incite à la concentration sur les sites restés accessibles sur les Crêtes. La fermeture de la route ne change pas fondamentalement les répartitions, même si elle déleste une partie de la fréquentation sur des sites périphériques comme le Petit Ballon et certaines stations sur les pentes Est des versants des crêtes.

Le nombre de visiteurs est constant. Il n'est donc pas étonnant d'observer que les sites récupèrent sur leur parking des individus qui se rabattent sur les sites restés ouverts à la fréquentation.

On peut constater (*Figure 82*, carte a) qu'il n'y a pas eu ou peu de délestage. Les simulations montrent, au contraire, que la pression s'est accrue sur les sites des crêtes restés accessibles, augmentant ainsi les risques de nuisances.

En aménagement, ce type d'observation montre que le phénomène de répartition est beaucoup plus complexe que l'on ne pense. Malgré des mesures coercitives, les visiteurs se sont déplacés sur les sites accessibles les plus proches des secteurs qui ont été fermés et ne se sont pas rabattus sur les sites périphériques.

Les différences de répartition sur les espaces naturels indiquent que l'on risque de connaître des concentrations de visiteurs sur les curiosités naturelles restées accessibles à partir des parkings de la route des crêtes qui n'ont pas été fermés ainsi qu'une concentration sur les sites localisés sur les versants des crêtes (Gaschney, Tanet-Lac Vert, Lac Noir).

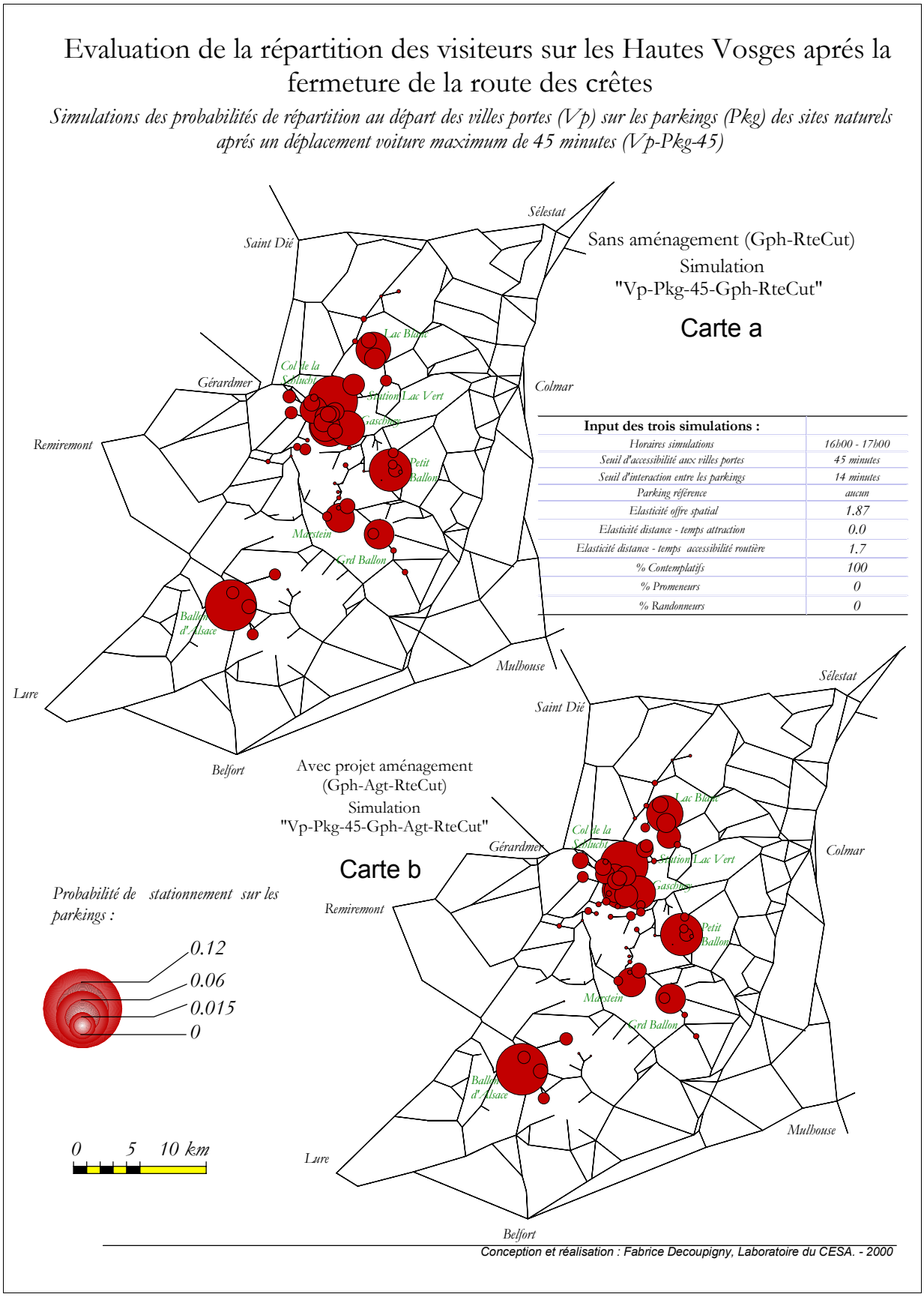


Figure 82 : Répartition des visiteurs sur les Hautes Vosges après la fermeture et les aménagements d'accompagnement (détails des différences Figure 84)

Autre effet de la fermeture, on voit apparaître une hausse considérable de la fréquentation sur le Petit Ballon (de l'ordre de 50 %). Or, ce site est relativement peu aménagé et ouvre sur des espaces sauvages ce qui risque d'avoir des impacts sur l'habitat de reproduction du grand tétra.

Ainsi, en supprimant la route des crêtes, on limite les circulations, donc l'effet de voisinage. Or les simulations antérieures (sur les contraintes spatiales) ont montré que cette route était un véritable axe de redistribution. De fait, on limite l'attractivité des sites qui subissaient une forte attraction absolue des sites voisins.

La somme totale des attractivités sur le massif baisse et donne un poids relatif plus important aux sites qui possèdent une attractivité plus dépendante de leur offre spatiale. Dans le cas des Vosges, on donne ainsi une importance alors plus grande aux sites plus ou moins isolés, tels que le Gaschney, la station du Tanet – Lac vert et le Lac Noir.

3). Simulation d'un aménagement accompagnant la fermeture de la route des crêtes

Il s'agit ici d'évaluer l'impact du second parti d'aménagement sur les répartitions des visiteurs sur le massif.

Les simulations sur les contraintes spatiales indiquent bien que les actions visant à réduire ou à augmenter la fréquentation sur certains espaces doivent se faire à partir d'aménagements qui agissent non seulement sur l'offre spatiale, l'accessibilité mais aussi sur les attractions des sites entre eux pour la réalisation de circuits touristiques.

Nous avons vu, en fermant uniquement la route des crêtes, que l'on fait baisser la fréquentation sur des sites annexes de la route des crêtes, le Markstein et le Grand Ballon.

Ce résultat n'était pas à l'origine le principal objectif que l'on s'était fixé. Pour le Grand Ballon, l'objectif était de laisser une portion de la route pour son accessibilité et pour le Markstein, une double accessibilité par les deux versants afin de garder ces sites ouverts pour qu'ils puissent accueillir des visiteurs.

La baisse, sur ces deux sites qui sont sur les Hautes Vosges des stations fréquentées, montre qu'une part importante de leur fréquentation provient de la présence de la route des crêtes.

Par conséquent, si l'on veut se servir de ces sites comme espaces de délestage, il est nécessaire de compenser la perte de l'attractivité induite par la fermeture en agissant sur l'offre et les

attractions en créant des sites voisins qui offrent des potentiels d'ouverture sur des sites naturels.

C'est dans cette optique que nous avons pensé à aménager et renforcer quatre sites en bas de pente du Grand Ballon en les reliant par une route (*Figure 81*). Mais les simulations montrent que la mesure est insuffisante.

Il faudrait alors créer une station suffisamment importante et multiplier les ouvertures de sites ce qui n'est peut-être pas la meilleure solution pour préserver les espaces naturels.

De plus, les opérations d'aménagement ne semblent pas changer fondamentalement les répartitions (carte *Figure 84*), nous assistons toujours à une localisation des visiteurs sur les crêtes mais dans une moindre proportion (cf *Tableau 51*) que lors d'une simple fermeture.

Les opérations d'accompagnement ne limitent pas les fréquentations, mais les redistribuent de manière différente sur les sites du même secteur.

Localisation du parking	*nom*	*Simulation 1 Avec Route*	*Simulation 2 Fermeture de la route*	*Simulation 3 Fermeture et aménagement*	*Différentiel entre les simulations*		
					2-1	*3-1*	*3-2*
Hors secteur	*Rouge Gazon*	*17.2*	*19.6*	*24.3*	*2.4*	*7.1*	*4.7*
Hors secteur	*Ballon d'Alsace*	*388.3*	*392.5*	*397.3*	*4.2*	*9*	*4.8*
Route Crêtes	*Markstein*	*178.3*	*128.4*	*126.1*	*-49.9*	*-52.2*	*-2.3*
Route Crêtes	*Grand Ballon*	*174.3*	*132.8*	*132.8*	*-41.5*	*-41.5*	*0*
Route Crêtes	*Col de la Schlucht*	*359*	*366.2*	*345*	*7.2*	*-14*	*-21.2*
Route Crêtes	*Hohneck*	*157.6*	*252.3*	*207.7*	*94.7*	*50.1*	*-44.6*
Versants crêtes	*Lac Noir*	*45.6*	*65.9*	*55.2*	*20.3*	*9.6*	*-10.7*
Versants crêtes	*Station du tanet*	*39.8*	*69.6*	*43.7*	*29.8*	*3.9*	*-25.9*
Versants crêtes	*Gaschney*	*108.4*	*180.5*	*170.1*	*72.1*	*61.7*	*-10.4*
Versants crêtes	*Petit Ballon*	*170.7*	*267.7*	*263.5*	*97*	*92.8*	*-4.2*
Versants crêtes	*Lac Blanc*	*215*	*180.7*	*199.8*	*-34.3*	*-15.2*	*19.1*

Quantités calculées pour un volume de 3000 véhicules (simulation 16-17h =2000)

Tableau 51 : Nombre de véhicules en stationnement sur les principaux sites du massif

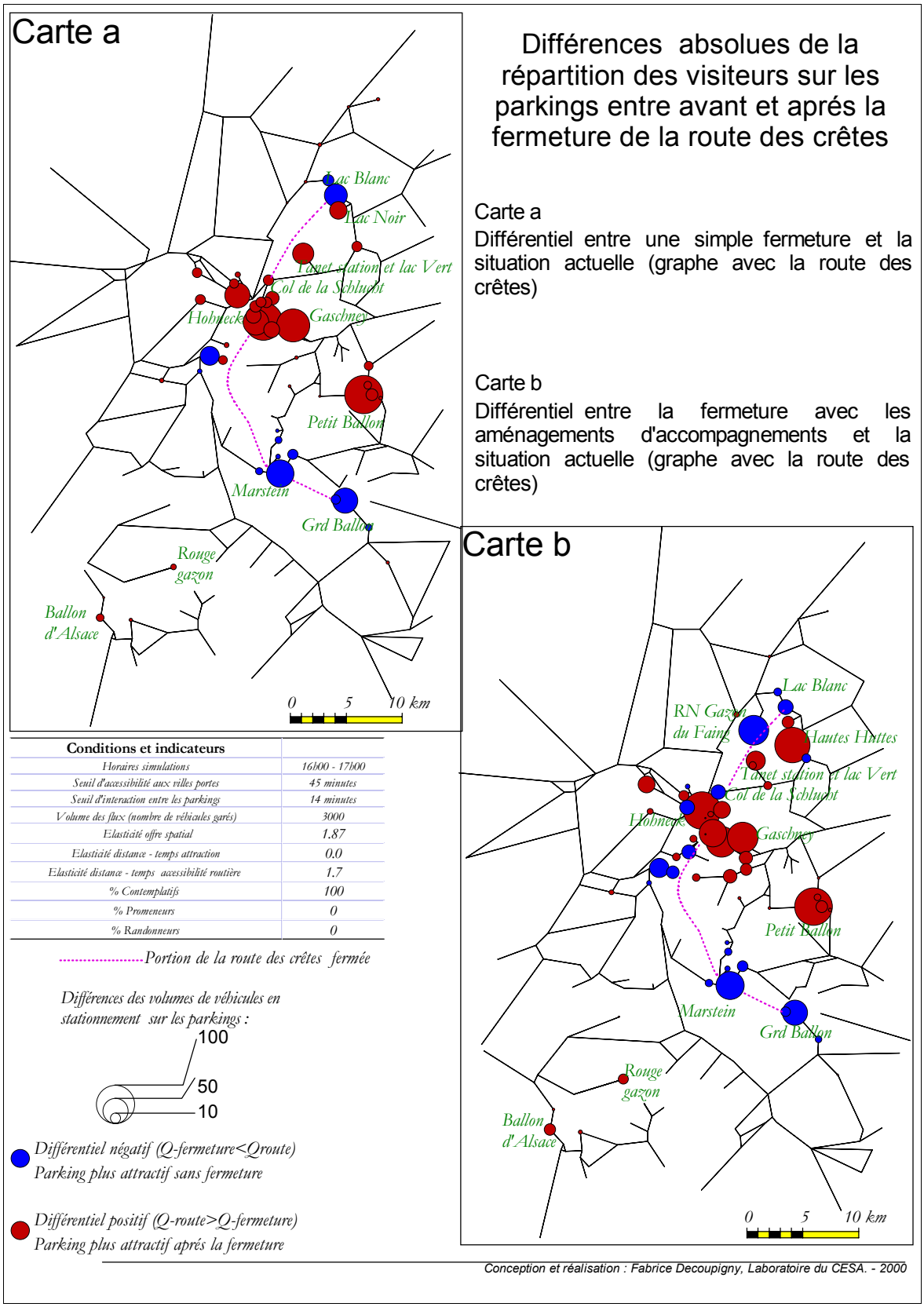


Figure 83 : Différences de répartition sur l'espace entre les opérations d'aménagements et la situation acuelle

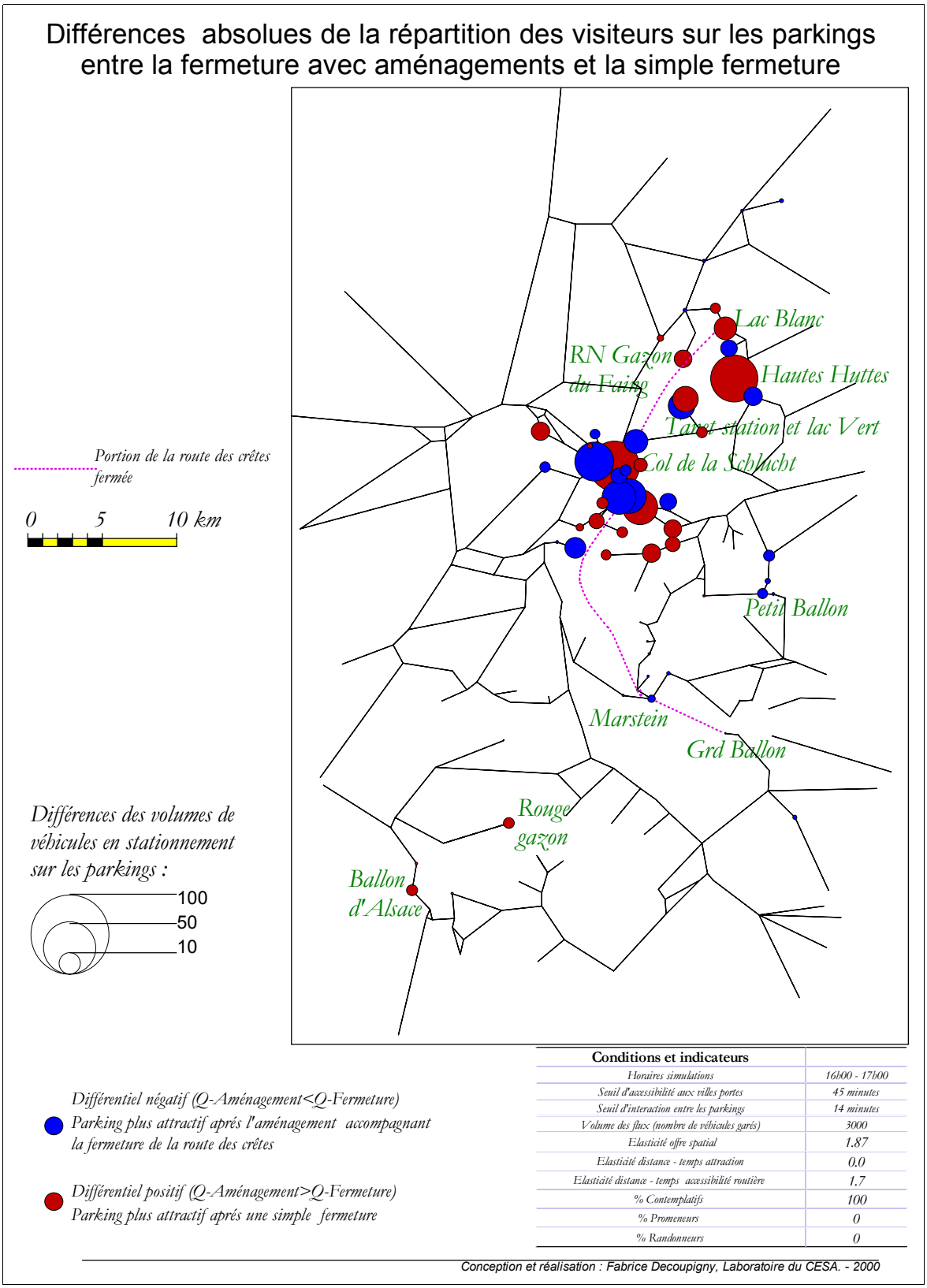


Figure 84 : Différences de répartition entre les partis d'aménagement

Nous tenons encore à faire remarquer, que si l'on tient compte d'une population de proximité qui visite régulièrement les Hautes Vosges, un simple aménagement sur les accessibilités risquerait d'être gommé par une augmentation du temps maximum de déplacement.

En effet il est fort possible que cette population, qui a ses habitudes sur le massif, augmente en conséquence son temps de déplacement pour accéder aux parkings des sites naturels comme nous avons pu le voir sur les Ecrins.

Nous testons l'effet (*Figure 85* carte a et b) d'un impact d'une augmentation d'un temps de déplacement maximum d'accessibilité (de 45 à 50 minutes) sur les parkings des sites naturels.

La principale conséquence d'une augmentation d'accessibilité est une concentration croissante sur les sites les plus attractifs car en augmentant le choix, elle pousse les visiteurs à fréquenter ces espaces rendus accessibles. Il y a alors intensification des fréquentations sur des sites qui connaissent déjà des pressions importantes avec un délestage des visiteurs du secteur du Ballon d'Alsace vers le secteur des crêtes (cartes de la *Figure 85*).

Nous avons, dans le cas d'une simple fermeture de la route des crêtes un espace qui se découpe en secteurs bien déterminés, avec une concentration des visites sur les sites les plus attractifs. Les différents aménagements ne changent pas cette organisation, mais déconcentrent les pressions sur des sites périphériques (Petit Ballon et sites sur les versants).

On voit apparaître plus de visiteurs sur des sites qui jusque là recevaient une fréquentation résiduelle. L'émergence de ces sites servirait alors de base de développement d'un schéma d'aménagement élargi sur la valorisation de nouveaux secteurs en périphérie des crêtes : la mise en place d'un schéma d'aménagement touristique et de loisirs.

La principale observation, relative à la fermeture de la route des crêtes, porte sur l'efficacité d'une mesure qui vise à limiter l'accessibilité. Limiter les relations entre les sites sans prévoir des sites de délestage ne résout en rien les problèmes de pressions touristiques.

Dans le cas des Hautes Vosges, il semblerait que le délestage des pressions sur des sites peu fréquentés passerait par l'ouverture du réseau (aménagements de routes plus rapides, transformations de pistes forestières en routes...) afin d'offrir une mobilité plus grande.

Le réseau actuel, de type linéaire et semi arborescent, limite considérablement les choix des circuits touristiques en orientant les flux sur les mêmes circuits donc sur les mêmes sites.

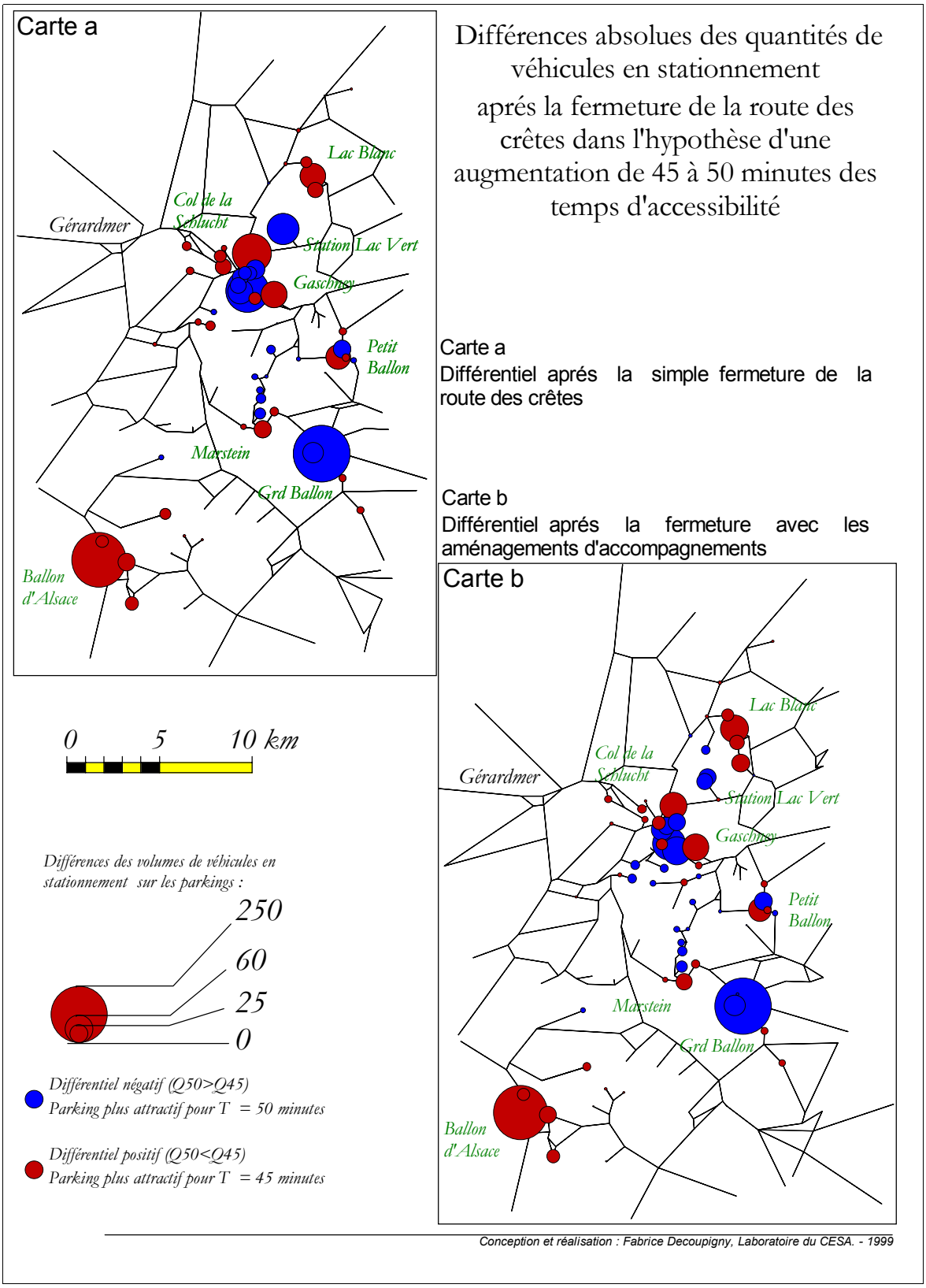


Figure 85 : Différentiel de répartition dans le cas d'une augmentation de l'accessibilité

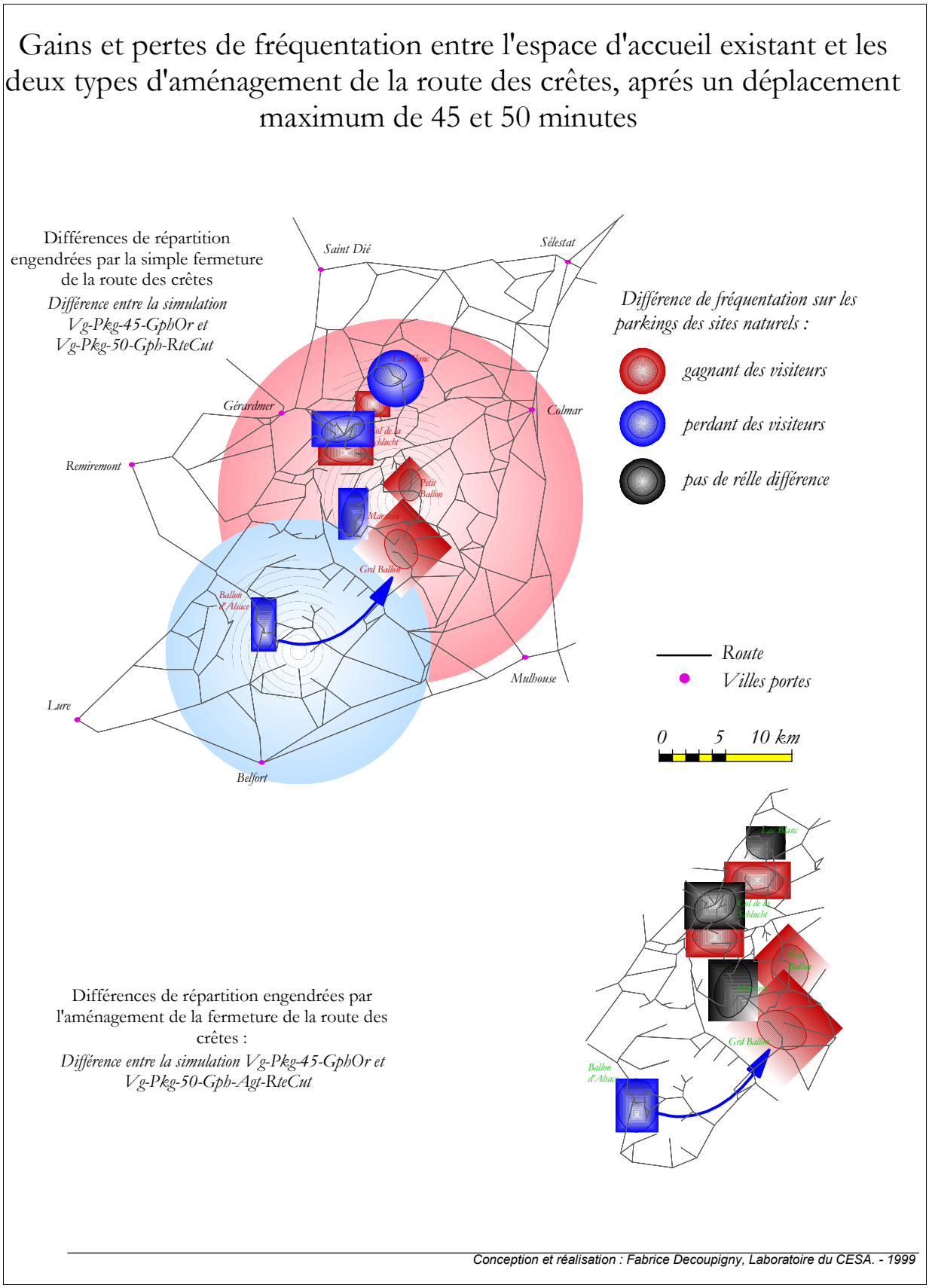


Figure 86 : Redistribution des visiteurs sur les Hautes Vosges après une modification du seuil d'accessibilité

Dans notre exemple, si l'on veut développer l'accueil, les aménagements doivent non seulement porter sur des opérations sur la route des crêtes mais aussi sur la valorisation de nouveaux secteurs qui ne connaissent aujourd'hui qu'une faible fréquentation mais qui possèdent des potentialités d'offre spatiale et d'accessibilités susceptibles d'orienter les flux sur des espaces dits de délestages.

En conclusion, on peut dire que si l'on ferme des sites à forte attractivité, il ne suffit pas d'ouvrir de nouveaux sites, encore faut-il les créer sur des espaces naturels qui offrent une attractivité comparable, c'est-à-dire sur des espaces aussi remarquables que ceux fermés.

Que doit-on faire ? qu'elle serait la politique de planification à suivre ? La fermeture de la route des crêtes est-elle une solution ? Si pour délester, nous devons créer des ouvertures et diffuser les visiteurs de façon homogène sur tout le territoire, la gestion est rendue d'autant plus difficile que la fréquentation est plus extensive car on multiplie les sites. Deux conceptions peuvent s'affronter, soit un étalement des densités des visiteurs sur tout le territoire, soit une concentration des visiteurs sur des sites aménagés en conséquences.

B. Impacts de la coupure sur les cheminements pédestres

Dans la section précédente, nous avons simulé la coupure et un aménagement d'accompagnement sur les répartitions des visiteurs sur le massif. Nous allons simuler maintenant la pression potentielle des cheminements sur les milieux naturels en prenant comme objet d'analyse les graphes associés à la réserve naturelle du Tanet, afin d'évaluer l'impact de la fermeture des parkings sur les déplacements pédestres.

1). Conditions initiales

Pour mener à bien les simulations de l'impact de la fermeture de la route des crêtes avec ou sans aménagements d'accompagnement, nous recalculons les graphes associés à chacun des deux types d'opérations. Nous obtenons ainsi pour les deux hypothèses d'aménagement (la fermeture de la route des crêtes sans aménagements d'accompagnement et avec), les deux graphes sentiers "*Plus Facile*" et "*Plus Court*".

2). Cheminements après la coupure route des crêtes

Maintenant, nous allons calculer les impacts de ces aménagements sur la répartition des flux pédestres sur les milieux naturels. Pour cela, nous n'allons pas tenir compte du poids des flux

entrants sur les parkings. Nous nous intéressons uniquement aux cheminements potentiels qui seraient fréquentés si les parkings de la route des crêtes venaient à disparaître.

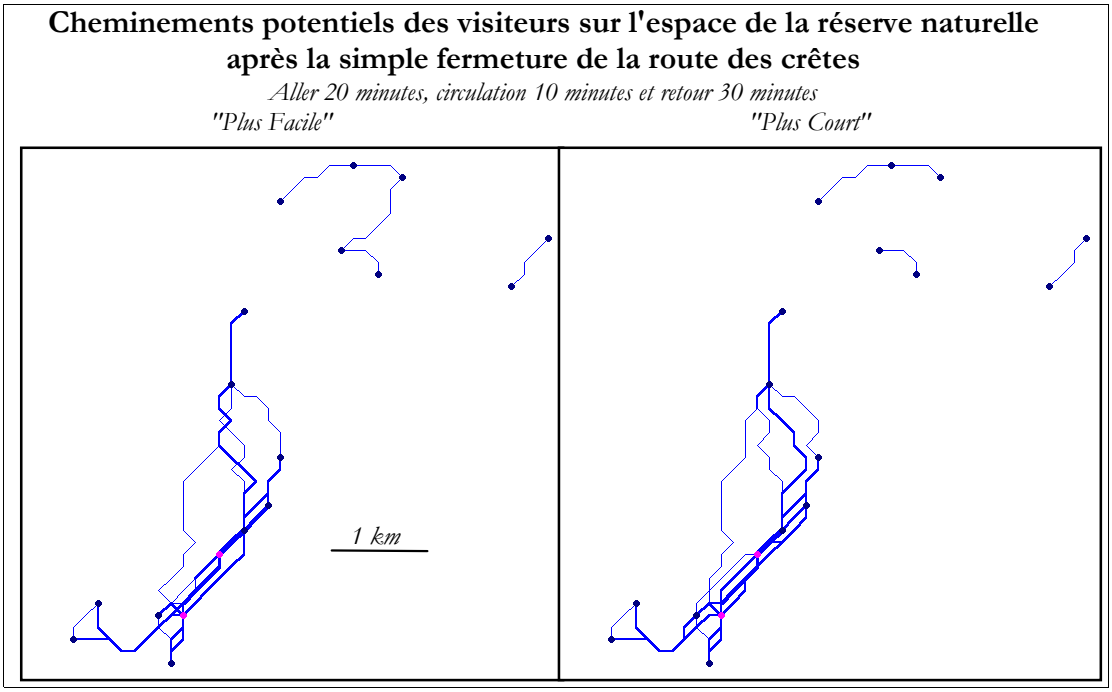


Figure 87 : Espace de cheminements potentiels sur la réserve naturelle du Tanet après la simple fermeture de la route des crêtes.

On peut distinguer deux espaces de circulation distincts. Au nord un espace uniquement fréquenté lors des déplacements de circulation. Il s'agit d'un espace de déplacement de randonneurs car non accessible dans un rayon de 3000 m. Un secteur au sud qui concentre les fréquentations, car l'espace est accessible par les deux parkings de versants. Comme le montraient déjà les simulations antérieures, nous distinguons deux cheminements différenciés, des déplacements en aller et retour sur les crêtes et en boucle sur les versants. La gestion des impacts semble dans ce cas de figure difficile car il y a mixité des types de promenades et il apparaît difficile de différencier des cheminements privilégiés, à l'exclusion de ceux qui sont en fond de versant.

Les simulations ne laissent pas apparaître des changements fondamentaux dans les types de déplacements, boucle en versant et allers et retours sur les crêtes. Si l'opération reste à ce niveau de simple fermeture, nous risquons de concentrer la fréquentation sur des zones particulières. Dans ce cas, une attention toute particulière devra être apportée aux aménagements de sentiers afin de stabiliser les chemins pour limiter les élargissements de sentiers et l'érosion induite.

Dans le domaine de l'environnement, on remarque que le nombre de visiteurs n'est toujours pas vecteur de prédation sur les milieux naturels, du moment que cette pression a été évaluée lors d'études prospectives. Il est toujours impressionnant d'observer dans les parcs nationaux alpins, des marmottes à moins de trois mètres des sentiers. Ceci est possible car les marmottes se sont habituées à des visiteurs qui circulent sur des sentiers sans s'en écarter.

Il est donc possible de ne limiter l'aménagement qu'à une simple fermeture. Mais nous pouvons constater que les flux vont tous se diffuser sur un petit périmètre, ce qui peut provoquer des comportements de diffusion différents de certains visiteurs qui vont chercher à se promener sur des secteurs beaucoup moins fréquentés.

On aurait alors un secteur sur-fréquenté au sud et sous-fréquenté au nord avec une forte probabilité de voir des visiteurs qui "s'échapperaient" vers des secteurs "plus sauvages" engendrant des risques d'impacts plus importants, car ces zones n'auraient pas été aménagées en conséquence.

3). Cheminements après les aménagements d'accompagnement

Les simulations concernant les pressions potentielles en cas d'opérations d'accompagnement, laissent entrevoir des types de cheminement totalement différents.

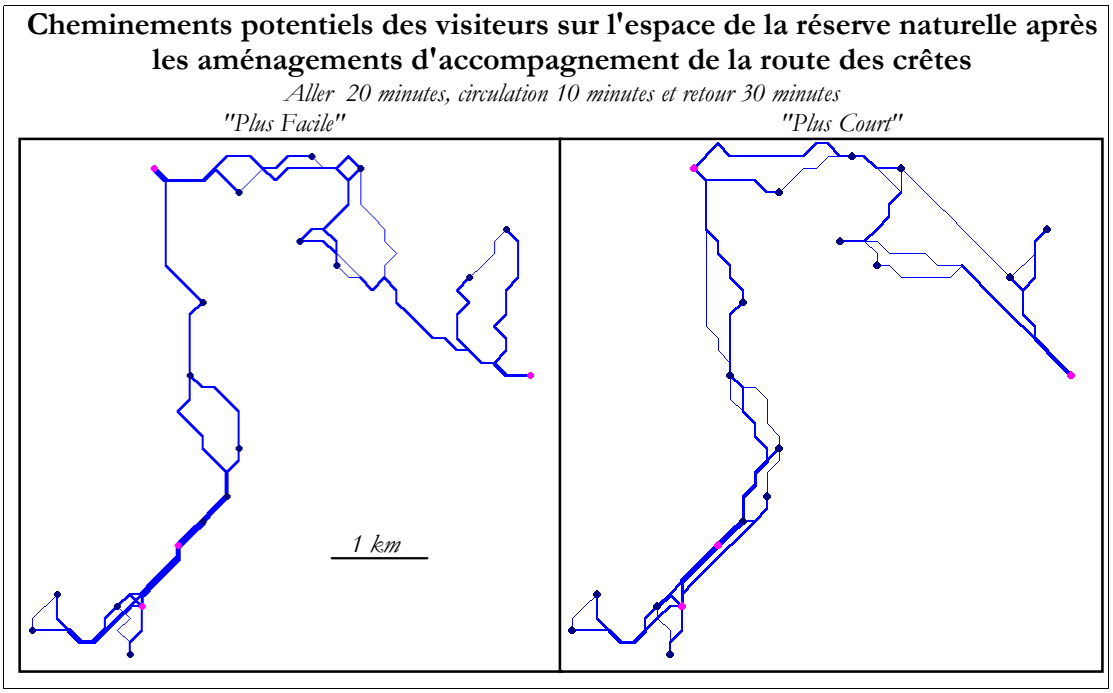


Figure 88 : Espace de cheminements potentiels sur la réserve naturelle du Tanet après les aménagements d'accompagnement de la fermeture de la route des crêtes.

La différence entre les deux types d'aménagement (avec ou sans opérations d'aménagement) montre qu'il est possible d'intervenir sur l'espace. Si les diffusions des individus semblent difficilement maîtrisables dans le cas d'une simple fermeture, elles sont plus prévisibles dans le second cas. En effet, il semble que les cheminements se canalisent plus sur des sentiers bien définis, suivant des déplacements en allers et retours.

Ce changement n'est pas sans conséquence en matière d'aménagement sur l'espace. En effet, si ce type de déplacement se révèle être vrai, cela entraîne que l'on peut agir directement sur la canalisation des visiteurs en aménageant des sentiers simultanément avec par exemple la création d'un ou plusieurs sentiers de découverte qui valorisent le cheminement.

Ces simulations ne sont valables que si les visiteurs gardent les mêmes comportements de diffusion sur les espaces naturels. Or nous avons constaté sur les Ecrins, qu'un phénomène d'appel pouvait engendrer des changements de comportements de la part des individus sur les espaces naturels.

En effet, la présence d'une réserve naturelle, offrant une qualité de services en rapport avec son statut (sentier de découverte, visite guidée) peut engendrer des diffusions plus pénétrantes dans le milieu naturel, car les visiteurs sont désireux de découvrir un espace naturel préservé[304].

Il est donc nécessaire de prévoir les pressions de cheminements possibles, si les visiteurs de la réserve décident de rester sur zone plus longtemps.

Cette hypothèse de pratiquer une promenade de plus longue durée est à prendre en compte car si les visiteurs augmentent leurs déplacements, il est possible qu'ils visitent moins de sites. La transformation du réseau d'accueil de type linéaire en un réseau de type arborescent peut, comme sur les Ecrins, limiter les circuits de visites et pousser les visiteurs à ne s'arrêter que sur un seul site.

De plus le type de visiteurs peut changer. Les sites naturels étant moins accessibles et moins fréquentés peuvent devenir plus attractifs pour des visiteurs de type promeneurs ou randonneurs.

[304] N'oublions pas que le caractère de préservation appartient aux trois facteurs les plus importants de fréquentation d'un espace naturel, avec l'accessibilité et la sécurité des sites naturels.

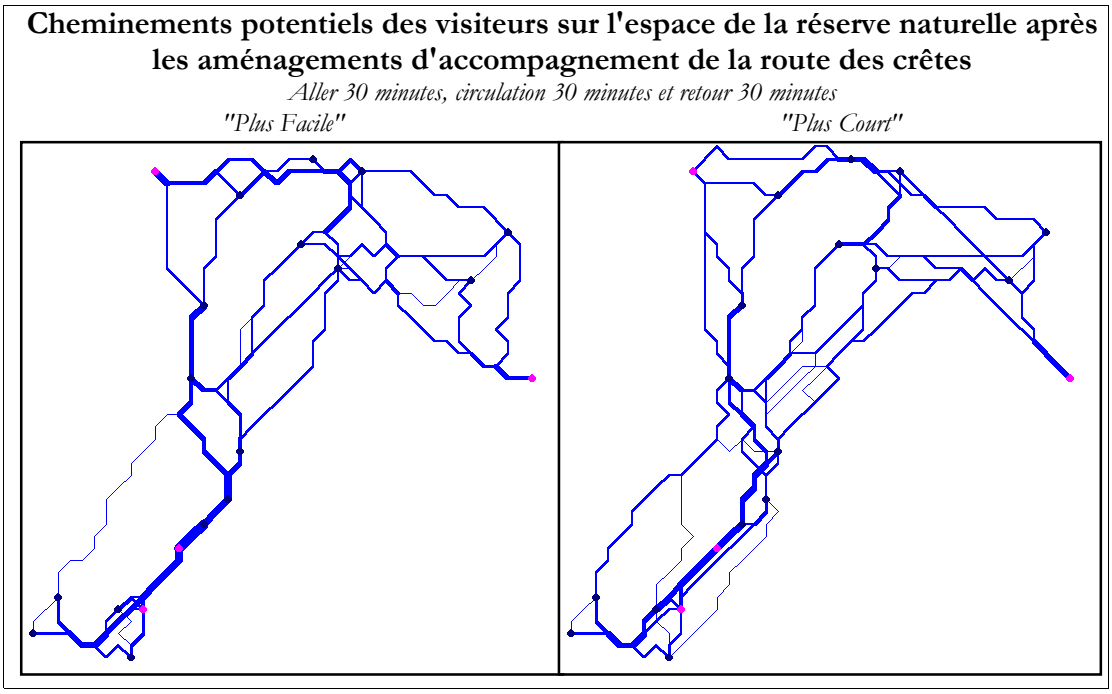


Figure 89 : Espace de cheminements potentiels sur la réserve naturelle du Tanet après les aménagements d'accompagnement de la fermeture de la route des crêtes et une augmentation des temps de promenades.

On observe que les impacts engendrés sont susceptibles de répondre à des flux de déplacements de visiteurs qui se canalisent sur les sentiers et n'engendrent que peu de cheminements spontanés.

Ces deux simulations sont relativement proches l'une de l'autre, mais montrent qu'il est possible de procéder à des opérations de canalisations de flux sur les sentiers, puisque les visiteurs semblent avoir tendance à se diffuser sur des cheminements bien déterminés.

Conclusion

Les différents résultats obtenus montrent que nous pouvons évaluer l'attractivité des sites en fonction de leur position et de leur offre spatiale. Mais le résultat qui nous semble le plus important a trait aux deux objets qui composent le graphe réseau, l'arc et le sommet. Nous faisions remarquer que l'utilisation de la théorie des graphes était fortement orientée vers l'étude des liaisons, en d'autres termes les arcs représentaient le principal objet susceptible d'expliquer les phénomènes de déplacements sur les réseaux. Déjà, les travaux du Laboratoire du CESA montraient que les processus sur les réseaux étaient dépendants de la localisation et du poids des nœuds dans les interactions existantes sur un espace réseau (travaux de H Baptiste sur les réseaux de villes et les transports ainsi que toutes les applications des modèles

gravitaires dans un réseau) et que ces nœuds n'étaient pas de simples intersections ou extrémités ou encore un simple artifice de topologie.

Nous avons ainsi pu mettre en évidence que, quel que soit le type de déplacement, voiture ou pédestre, les répartitions et la diffusion des flux de visiteurs sur les sites semblent fortement dépendre de la localisation des nœuds et de la morphologie du graphe. En effet, le réseau d'accueil des Vosges, bien qu'il soit de type maillé, connaît une répartition qui est de type linéaire, car les sites sont localisés le long d'une route des crêtes qui les concentre. Ce phénomène peut aussi être observé avec les déplacements de diffusion pédestre. Lorsque nous avons simulé des diffusions sur le MNT théorique, nous nous sommes aperçus qu'en modifiant la localisation des points d'entrée sur le milieu naturel, nous avions des cheminements qui pouvaient avoir des impacts sur l'environnement opposés : soit multiplication des cheminements soit intensification sur des sentiers.

Ce que montre le modèle des déplacements sur les espaces naturels est l'importance des propriétés de l'objet nœud. Le nœud représente un point localisé dans l'espace dans lequel ont lieu des processus complexes. Le parking est un bon exemple de l'image complexe du nœud. Il possède deux fonctionnalités "relationnelles " sur le graphe liées à son rôle d'interface, c'est un puits et une source temporaire capable de stocker et de diffuser des flux de visiteurs sur l'espace naturel. En plus de ces propriétés, il est localisé, et possède une masse.

Le nœud peut apparaître ici comme un objet plus complexe que l'arc, car nous n'avons pas pris en compte la fonctionnalité attractive de l'arc. Le cheminement représente en lui-même un élément attracteur, il ne possède pas seulement une fonctionnalité de déplacement. Lorsque l'on se promène sur une corniche, tout le déplacement est attractif car on domine un paysage.

Ainsi, le temps ou la distance entre deux nœuds n'est pas l'unique grandeur que l'on peut trouver à un arc. On pourrait utiliser un indice de visibilité, pondéré par un paramètre paysager qui viendrait compléter une variable trop rationnelle. En ce sens, il est possible d'y associer le concept de covisibilité développé par K. Serrhini[305] qui permet d'évaluer la quantité de paysage vu ou aperçu lors d'un déplacement sur un cheminement.

Dans les travaux qui ont été menés sur les transports et la théorie des graphes, l'arc possède

[305] Le modèle 3D-IMA développé par K. Serrhini permet sur la base d'un calcul de visibilité à évaluer quantitativement les surfaces visibles ou les degrés de visibilité (en pourcentage) lors d'un déplacement, par exemple les paysages vus depuis une voiture circulant sur une autoroute, Serrhini (K.), "*Evaluation spatiale de la covisibilité* ...op. cit.

une fonctionnalité de transport avec une hypothèse dominante qui est la minimisation des temps de parcours, de coûts ou de temps. Cette valeur est homogène et continue sur toute la longueur de l'arc. Cette continuité est gênante pour évaluer l'attractivité d'un cheminement qui serpente le long d'un sentier, mais l'arc qui participe aux déplacements des visiteurs des villes portes aux sites n'est pas de la même nature que l'arc de cheminement pédestre à partir du nœud parking, dans ce cas le changement d'échelle est aussi un changement de nature. Si l'arc simplifie le graphe, les aspects attractifs des "arcs promenades" sont alors attribués aux nœuds. On rejoint ici une problématique des échelles simultanées de fonctionnement des systèmes, les unes servant dynamiquement aux autres de contraintes et vice versa.

Pour les déplacements sur les espaces naturels, cette hypothèse d'homogénéité doit être relativisée et complétée, car il existe aussi l'hypothèse attractive de l'agrément du déplacement qui ne répond pas à une optimisation rationnelle de la variable distance, temps ou coût. Cette hypothèse viendrait ajouter au modèle un ou des niveaux d'organisation supplémentaires qui prendraient en compte une perception globale d'un espace.

Le fait de changer d'hypothèse sur la fonctionnalité de l'arc peut engendrer des modifications fondamentales dans l'utilisation de la théorie des graphes en introduisant le concept de niveau. On aurait alors plusieurs types de niveaux d'organisation des graphes sur plusieurs échelles : "physiques" parce qu'existant sur l'espace (route et sentiers) et "virtuels" en ce sens qu'ils modéliseraient des perceptions visuelles ou cognitives sur plusieurs échelles : vue d'un paysage au premier plan, au second plan et à l'horizon.

CONCLUSION : DOMAINE DE VALIDITE DU MODELE

Le modèle que nous avons construit se décompose en deux modules relatifs à deux niveaux différents de comportements et selon deux logiques différentes.

Le premier simule l'accès des visiteurs sur les espaces naturels, en fonction d'interactions spatiales entre les trois éléments constitutifs de notre système de déplacement. C'est un modèle réductionniste dans la mesure où il modélise des flux de déplacements globaux sur le réseau d'accueil par une formalisation des processus.

Le second, sur la base d'un modèle de type holistique, modélise la diffusion d'un automate cellulaire sur les espaces naturels avec pour objectif d'évaluer son comportement de déplacement et consécutivement les pressions des cheminements des visiteurs sur les espaces naturels.

Nous devons alors nous interroger sur la validité en aménagement du modèle qui doit servir un objectif précis : ouvrir sur un outil de mesure et de compréhension des phénomènes de déplacement, d'accès et de diffusions sur un espace naturel. Nous devons alors nous demander si FRED remplit ces conditions. On pourrait répondre oui et non.

"Oui", parce que les résultats obtenus sont satisfaisants. Satisfaisants car, comme nous l'avons montré, il est possible de définir les contraintes spatiales qui gèrent les accès et les diffusions des individus sur les espaces naturels et leurs milieux. Satisfaisants pour une seconde raison, car il est possible de modéliser quasi simultanément des processus sur des échelles différentes qui prennent en compte les deux niveaux d'organisation des déplacements (voiture et promenade pédestre).

Mais ce "oui" implique aussi le "non", dans la mesure où les résultats obtenus ouvrent sur d'autres éléments que nous devons prendre en compte. Parallèlement aux remarques et pistes de recherches énoncées dans la conclusion du chapitre précédent, nous n'avons modélisé les déplacements que sur un espace naturel appartenant à une même "région naturelle" ou "espace d'accueil". Nous n'avons pas pris en compte le déplacement potentiel des citadins en fonction du choix entre plusieurs espaces. Nous avons réussi à donner une valeur à l'attractivité des

sites et à expliquer la nature de cette attractivité (offre spatiale, voisinage et accessibilité), mais nous n'avons pas travaillé sur la valeur de l'attractivité d'ensemble d'un réseau d'accueil. En effet, les résultats des simulations sur les Ecrins ont montré que les visiteurs semblaient posséder une perception "homogène" de l'espace en ce sens que tout site contenu dans l'espace protégé bénéficiait de la notoriété et de l'effet d'annonce d'un parc national ce qui pouvait conférer à chaque site un accroissement de son attractivité.

Ce phénomène peut en entraîner un autre. Si la distance entre deux pôles, appartenant au même espace d'accueil, est inférieure au seuil de perception de la différence (c'est-à-dire qu'elle n'est pas perçue significative), on peut admettre que ces sites appartiennent à une même zone d'indifférence (cf. Ph Mathis 1973) ou à une frontière épaisse dans laquelle il existe une incertitude à définir l'attractivité d'un site l'un par rapport à l'autre. A partir d'une certaine échelle, les deux sommets sont considérés comme un tout, voire confondus, et pourraient fournir une explication sur des processus d'agrégation engendrant un effet de bloc et d'annonce en rendant des espaces d'accueil plus attractifs. Les sites forment alors une entité où chaque élément la constituant est complémentaire. En effet, les résultats concernant les calculs d'autocorrélation ont montré que l'attractivité était aussi dépendante d'une offre spatiale homogène des sites tout en offrant aux visiteurs une offre diversifiée sur l'ensemble de l'espace.

Si l'attractivité des sites dépend comme nous l'avons montré de sa position dans le réseau et de son offre spatiale, en retour, l'espace d'accueil lui attribue une attractivité qui peut être la notoriété de la région. Ce n'est pas un phénomène propre aux espaces naturels. Le fait qu'un château appartienne au Val de Loire lui confère une attractivité supérieure car il appartient à un réseau d'accueil connu mondialement.

Nous retrouvons l'un des enjeux de la modélisation qui réside dans l'appréhension des relations qui lient les processus à l'échelle du global et de l'unité. Théoriquement, l'outil de modélisation de type gravitaire, que nous avons utilisé, le prend en compte.

Dans ce cas, nous pouvons admettre que l'attractivité que nous avons définie comme l'interaction entre nos contraintes spatiales (l'offre spatiale, le voisinage et l'accessibilité) n'est pas recevable ou plutôt incomplète, dès lors que l'on veut intégrer des sites appartenant à des espaces d'accueils différents. Ce que le modèle a bien montré, c'est l'étroite dépendance des contraintes spatiales du territoire dans les formes de répartitions et d'attractivités des sites pour un espace d'accueil donné et strictement pour cet espace. Ces résultats nous reconduisent sur

la notion de zones d'indifférence où les sites appartenant à un espace d'accueil seraient alors considéré comme une unité élémentaire si le visiteur avait à choisir un site entre plusieurs espaces d'accueil. Cette restriction sur les conditions initiales donne au modèle FRED son domaine de validité et nous ramène sur le débat de la détermination des frontières entre espaces.

Le modèle ne détermine pas de frontières précises, ces dernières apparaissent implicites par les seuils de déplacements qui gèrent les accessibilités aux sites. Ces frontières entre les espaces d'accueil sont aussi induites par des pratiques de déplacements que les visiteurs possèdent pour se rendre sur un site. Dans les deux cas étudiés (Vosges et Ecrins), nous avons pu constater une forte dépendance aux effets de seuils de déplacements d'accès aux sites depuis la résidence que nous avons mise en évidence : 45 minutes pour les Vosges et 53 minutes pour les Ecrins.

C'est à ce niveau que l'effet d'annonce d'appartenance à un ensemble peut intervenir. Il sera dépendant non seulement de l'espace et de son offre mais aussi d'un comportement du visiteur face à des contraintes de déplacements qui feront apparaître les sites comme confondus ou non à une certaine échelle. Elle attribuera, pour chaque site appartenant à un espace d'accueil précis, une attractivité spécifique qui viendra s'ajouter à celle du site.

Si nous pouvons évaluer quantitativement et qualitativement la nature de l'attractivité d'un site, pour un espace d'accueil donné, elle devient relative si nous passons à un niveau d'organisation supérieur. En réalité un visiteur a le choix entre plusieurs espaces d'accueil, dans lesquels existent plusieurs sites, un Lyonnais choisit un site parmi un ensemble d'espaces appartenant soit au Massif Central soit aux Alpes et dès lors se pose la question de l'attractivité de cet ensemble. Il est fort probable que le visiteur procède par choix en fonction d'une hiérarchisation implicite de ces espaces qui s'opère entre deux entités non dissociables, les sites et les espaces.

CONCLUSION GENERALE

A l'origine de notre travail, nous nous interrogions sur le fondement des processus de déplacements et des formes d'attractivités d'un site puisqu'il nous avait semblé que le problème tel qu'il était précédemment abordé ne nous convenait pas.

D'une part, les déplacements liés à l'accès et aux diffusions des visiteurs sur les espaces souffraient d'un amalgame entre touristes et excursionnistes. En matière d'aménagement, il ne paraissait pas opportun de différencier l'origine et le statut du visiteur des populations, d'autant plus que les impacts sur l'environnement ne s'en trouvent pas modifiés.

D'autre part, l'extension et le développement du monde urbain et les changements sociaux introduits par de nouveaux modes de vie ont transformé le rapport que les hommes entretiennent entre la ville et la campagne. L'espace rural est devenu un espace de nature et d'évasion qui remplit une fonction sociale mais aussi urbaine en tant qu'espace fonctionnel de détente et de temps libre.

C'est plus qu'un changement qui est intervenu, nous pouvons parler d'un phénomène de société. Mais qu'ont-ils tous à être attirés par la campagne et les milieux naturels lors de leurs loisirs ? Est-ce la volonté de s'aérer, de quitter un cadre de vie ou simplement d'avoir un peu de temps libre gratuit ? Dès lors, on peut aborder le sujet sous la forme d'un problème de société qui compte parmi ses groupes, des individus qui vont occuper et agir sur l'espace en fonction de pratiques sociales plus ou moins bien déterminées.

Dire aujourd'hui, que cet engouement pour la nature est nouveau, est faux. Il existe un rapport particulier de l'homme avec les éléments naturels. Au XXième siècle, lorsque le "peuple" a pu s'affranchir des distances, du travail, la première chose qu'il ait faite, est d'aller voir cette nature : les guinguettes sur les bords de l'Oise ou de la Marne, en 1936 des congés payés sur les bords des plages de la Mer du Nord, et aujourd'hui les trekkings dans les déserts blancs arctiques. Les déplacements récréatifs sur les espaces naturels représentent des espaces de liberté, un temps pendant lequel les individus se libèrent des contraintes quotidiennes. Ils s'apparentent plus à des processus liés à des envies et à des plaisirs.

Nous avons alors procédé à la classification des populations de visiteurs en fonction des types de diffusions spatiales sur les espaces naturels qui nous a permis d'obtenir trois groupes d'individus : les contemplatifs, promeneurs et randonneurs segmentés en fonction de comportements qui apparaissent communs à tous types de visiteurs - le déplacement pédestre - en fonction de comportements de diffusion bornés dans des aires radioconcentriques de 500, 1000 et 3000 mètres. Nous avons ainsi pu mettre en évidence que les processus de déplacements relatifs à l'accès et à la diffusion sur les espaces naturels s'organisaient autour de trois éléments en interaction : le visiteur, le lieu ou le site et le réseau.

Nous avons ainsi mis au point un modèle gravitaire de simulation des déplacements de visiteurs sur un espace d'accueil (modèle FRED). L'intérêt du modèle consiste à formaliser deux déplacements sur deux échelles : le déplacement voiture puis le déplacement pédestre.

La construction du modèle de simulation s'appuie sur l'architecture d'un modèle gravitaire, qui définit, pour chacun des types de visiteur, les attractions des différents parkings ouvrant sur des sites naturels. Ces attractions sont calculées en fonction de la valeur du site ("offre spatiale naturelle") et des interactions produites avec les sites voisins. 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, nous modélisons 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.

Nous avons donc choisi de traiter les déplacements touristiques selon trois contraintes spatiales sous forme de fonction qui, nous semble-t-il, reprennent les trois principaux facteurs qui font qu'un site est susceptible d'être fréquenté.

- **Une offre spatiale naturelle**, définie par le nombre de curiosités existantes et le nombre d'équipements et de services offerts par le site,

- **Les attractions** qui s'exercent sur les sites entre eux,

- **L'accessibilité** routière des parkings ouvrant sur des espaces naturels.

En résumé, nous considérons qu'un site possède une offre d'activités relative qui lui est donnée par sa structure interne (nombre de curiosités naturelles, niveau d'aménagement) et qui sera plus ou moins attractive selon sa position dans le réseau.

Les premiers 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. A partir des indicateurs associés aux contraintes spatiales, nous avons pu déterminer des seuils d'accessibilité, le poids du voisinage d'un site, et de son offre spatiale dans l'attractivité qu'il possédait dans le réseau d'accueil.

Ces observations nous renvoient à la manière de concevoir l'aménagement. Dans notre cas, un problème se pose sur l'évaluation de l'engouement des citadins pour déterminer une pratique liée à une activité de temps libre car elle est obligatoirement rattachée à une notion de loisir et de plaisir.

En pratique, concevoir un aménagement n'est pas compliqué, on peut toujours tout construire et n'importe où. Mais toute la difficulté en aménagement réside dans le fait qu'il faut évaluer, d'une part, les besoins dans une bonne proportion, et, d'autre part, les impacts de l'aménagement sur le territoire. Si une de ces étapes manque, l'aménagement peut s'avérer dangereux.

Peut-on mesurer l'incidence de notre opération dans l'avenir ? Le défi de l'évaluation de l'aménagement se place à ce niveau, mais le principal problème de la prospective en aménagement porte sur des évaluations qui s'appuient sur des éléments difficilement mesurables, non mesurés ou mal mesurés.

De plus le modèle ne peut-être utilisé que si, auparavant, il a été construit une base de données à partir d'une étude de fréquentation qui servira de base à l'ajustement des indicateurs spatiaux. En outre, ils n'ont qu'un caractère indicatif et prospectif sur des changements qui peuvent s'opérer sur les milieux naturels.

Avant d'évaluer les impacts sur les espaces naturels, nous devons évaluer le volume de visiteurs, puis dans un second temps, les formes de diffusion des visiteurs sur les milieux naturels. Le modèle FRED n'a pas la prétention d'évaluer les impacts sur les milieux naturels, son objectif est d'évaluer les pressions potentielles.

Il n'est alors plus question pour l'aménageur de travailler seul sur le sujet, car le problème ne relève plus de sa compétence. En effet, nous touchons des processus complexes de biologie d'écologie, très subtils, échanges ioniques dans le sol perturbé par le piétinement, érosion, solifluxion, prédation sur la faune...

Notre travail s'arrête au moment où nous donnons aux naturalistes ou aux techniciens environnementaux les chiffres probables de visiteurs et la localisation potentielle des pressions anthropiques. C'est à eux que revient l'objectif de travailler sur les impacts, de dire que telle ou telle portion de l'espace ne doit pas être traversée par un sentier parce qu'il va engendrer un couloir de dérangement de plus de 200 mètres de large sur telle ou telle espèce que, sur tel substrat, des risques de solifluxion existent.

L'aménageur sur bien des problèmes, est un intervenant qui fait souvent un grand écart entre un travail préalable placé très en amont dans un projet et un cahier des charges et de recommandations qu'il doit synthétiser et adapter dans les documents opérationnels et réglementaires.

Comme tout projet, le concevoir c'est bien, mais plus qu'insuffisant. En aménagement, toute réflexion sur un projet doit être accompagnée parallèlement d'une réflexion sur les impacts produits sur le territoire. C'est-à-dire prévoir les actions à mener pour supprimer ou à défaut limiter tout dysfonctionnement lié au projet.

La dimension quantitative du modèle, nous permet d'évaluer des pressions potentielles sur les milieux naturels et de les expliquer. Non pas que le modèle soit explicatif, mais que l'examen des résultats qui se fait sur deux niveaux (numériques et cartographiques), permette une analyse des contraintes spatiales en vue de déterminer la nature de l'attractivité d'un site. Les simulations montrent qu'en modifiant la structure du réseau d'accueil, nous sommes

susceptibles de modifier les formes de diffusion sur les espaces naturels.

Le modèle nous apporte des réponses sur la gestion des attractions des sites en fonction de l'affectation des contraintes spatiales. La principale fonctionnalité du modèle demeure dans la capacité qu'il possède de définir les caractéristiques des sites sur un réseau d'accueil. Plus qu'un outil de mesure, il ouvre sur un outil d'aide à la décision capable d'informer l'aménageur sur les impacts d'une opération sur l'espace en évaluant les probabilités de répartitions des pressions anthropiques sur les milieux naturels.

C'est ici que peuvent intervenir les principales critiques de notre outil d'aide à la décision. Il est évident qu'un outil de mesure pose les problèmes mais ne les résout pas. Il est tout à fait évident que les approches quantitatives sur l'espace sont réductrices en minimisant la dimension humaine de l'individu. Réduit à un automate cellulaire, notre visiteur est un individu qui se déplace dans un rayon de 500, 1000 ou 3000 mètres en boucle ou en aller et retour en optimisant ou minimisant une contrainte. Il est évident que nous ne prenons pas en compte toute la dimension cognitive des processus que nous avons étudiés.

Par facilité intellectuelle, ou par ignorance, mais aussi par rigueur scientifique. Nous traitons de processus complexes qui nécessitent une déconstruction sous le paradigme systémique et nous les reconstruisons sous forme d'un modèle informatique qui est, ni plus ni moins, la forme la plus réductrice des relations causales et transitives du paradigme cartésien: *"Pour tout objet, Si ..... , Alors fait .....Résultats"*.

Chaque fois qu'un modèle est élaboré, il se pose le problème de la validation et de la pertinence à l'utiliser pour des processus qui dépendent de facteurs fortement liés aux comportements humains. Tout dépend alors de l'analyse des résultats en fonction des conditions initiales, qui nous permettent de postuler puis de démontrer que des hypothèses peuvent être vraies. De plus, un modèle, tout aussi abouti qu'il soit, reste un outil. Et comme tout outil, il nécessite de posséder une dextérité pour l'utiliser. La lecture des cartes en relief du modèle MAP[306], comme une radiographie en médecine, décrit mais ne diagnostique pas. C'est l'analyse des résultats qui sera jugée bonne ou mauvaise.

Notre travail fait le lien entre deux disciplines - la sociologie et l'écologie - ce qui est relativement banal en aménagement. Mais, il ne s'agit pas d'utiliser ces deux champs

[306] L'Hostis (A.), "*Image de synthèse pour l'aménagement du...* op. cit.

disciplinaires l'un après l'autre, mais de les intégrer, l'objectif étant de prendre en compte, par exemple, des concepts aussi différents que l'impact des prédations sur les perceptions visuelles, cognitives et symboliques des paysages, des comportements plus ou moins forts de prédations des individus sur des milieux en fonction du niveau de protection des espaces naturels, de la notoriété du site. Nous pourrions nous interroger sur un "civisme" des visiteurs dans les parcs nationaux qui n'existe pas toujours dans les mêmes proportions sur des espaces non protégés et secondaires et intégrer de fait un acteur supplémentaire : la puissance publique.

L'originalité de l'utilisation de ces deux disciplines réside dans une réflexion qui intègre plusieurs processus générés par des interactions entre des sous systèmes qui s'inscrivent sur deux échelles quasi simultanées qui dynamiquement interfèrent l'une sur l'autre et qui peut être abordée à travers le concept de capacité d'accueil donnée par la capacité de charge écologique, sociologique et démographique.

En premier lieu, l'écologie peut nous apporter des informations de premier ordre, en fournissant des données précises sur le rapport qui existe entre les impacts et la fréquentation pédestre sur les milieux naturels. Il est alors possible d'évaluer directement la fréquentation sur un site en comparant les impacts observés avec des abaques : un sentier de tant de centimètres de large correspond à tant de passages.

En fonction de la capacité de charge écologique qui peut être variable d'un secteur à un autre, il est alors possible de prévoir des zones de repli et de délestage sur des milieux naturels moins fragiles. Dans ce cas, il existe la possibilité de prescrire des aménagements permettant d'augmenter la capacité démographique en augmentant celle de la capacité de charge écologique en prévoyant par exemple des chemins stabilisés qui permettent au milieux naturels de supporter le surplus de fréquentation sur des aménagements prévu à cet effet.

Des trois capacités, la capacité de charge sociologique est la plus difficile à cerner. Elle relève de l'individu et est fortement dépendante de variables sociales de proximité et des fonctions symboliques que le visiteur a avec les milieux naturels. La capacité de charge sociologique est le niveau de densité humaine à partir duquel le visiteur ressent une gêne. Associée aux autres capacités, elle détermine pour chaque individu un niveau de qualité de la promenade qui va déterminer une optimisation du temps libre passé sur le site. Le sentiment perçu aura une conséquence non négligeable sur l'attractivité du site, le visiteur reviendra ou ne reviendra pas se promener sur le site.

Les impacts irréversibles engendrent une baisse de la valeur esthétique du site, qui va pousser certains visiteurs à se diffuser sur des sites similaires mais moins fréquentés. La principale conséquence sera l'ouverture de nouveaux sites à la fréquentation, créant ainsi une hausse de l'offre en sites de l'espace d'accueil. Mais on peut très bien considérer que ces individus choisissent alors, du fait de la baisse relative de l'attractivité, des sites dans un tout autre espace d'accueil mettant ainsi en valeur des régions naturelles qui étaient sous fréquentées.

Ces interactions entre les différentes capacités de charge peuvent avoir une incidence à un niveau d'organisation supérieur. La décision qui se prend avant le déplacement (première "boîte noire") peut être dépendante de cette relation. Si les individus considèrent que la nature est un espace de détente qui ne doit pas engendrer de contraintes (stress, agoraphobie, etc.), la décision concernant le choix de l'espace d'accueil et du type d'espace qui sera visité (mer, montagne ou plaine) peut en être changée.

On voit, ici, que différentes perceptions sur plusieurs niveaux d'organisation interfèrent et provoquent des interactions qui peuvent engendrer des modifications dynamiques de l'attractivité des sites au niveau individuel. Le caractère dynamique d'une modélisation des déplacements sur un espace naturel doit obligatoirement intégrer ces phénomènes de perceptions dans la formulation des conditions initiales.

La sociologie pourrait nous apporter des éléments de réponse sur la valeur représentative d'un espace naturel qui entrerait en ligne de compte dans la décision de se déplacer sur tel ou tel espace d'accueil. Nous devons pouvoir évaluer, sur un territoire, le potentiel d'une population à se déplacer vers et sur un espace en sachant que la décision, a priori, dépend plus de facteurs socio-économiques que d'une accessibilité. En reprenant le schéma sur les processus de déplacements sur les espaces naturels (Deux "boites noires", page 100), cela revient à définir, dans la première "boite noire", les processus de décision au niveau individuel qui s'opèrent entre le territoire, les populations et les offres des différents espaces d'accueil.

Ainsi, il reste à dynamiser le modèle pour prendre en compte par itérations la dimension du temps comme l'a fait H. Baptiste[307] lors de ses travaux pour modéliser les interactions dynamiques entre les développements simultanés des réseaux de transports et des armatures urbaines. Mais il a fallu préalablement poser les bases des processus des déplacements des visiteurs sur les espaces naturels, ce à quoi nous nous sommes tenus tout au long de ce travail.

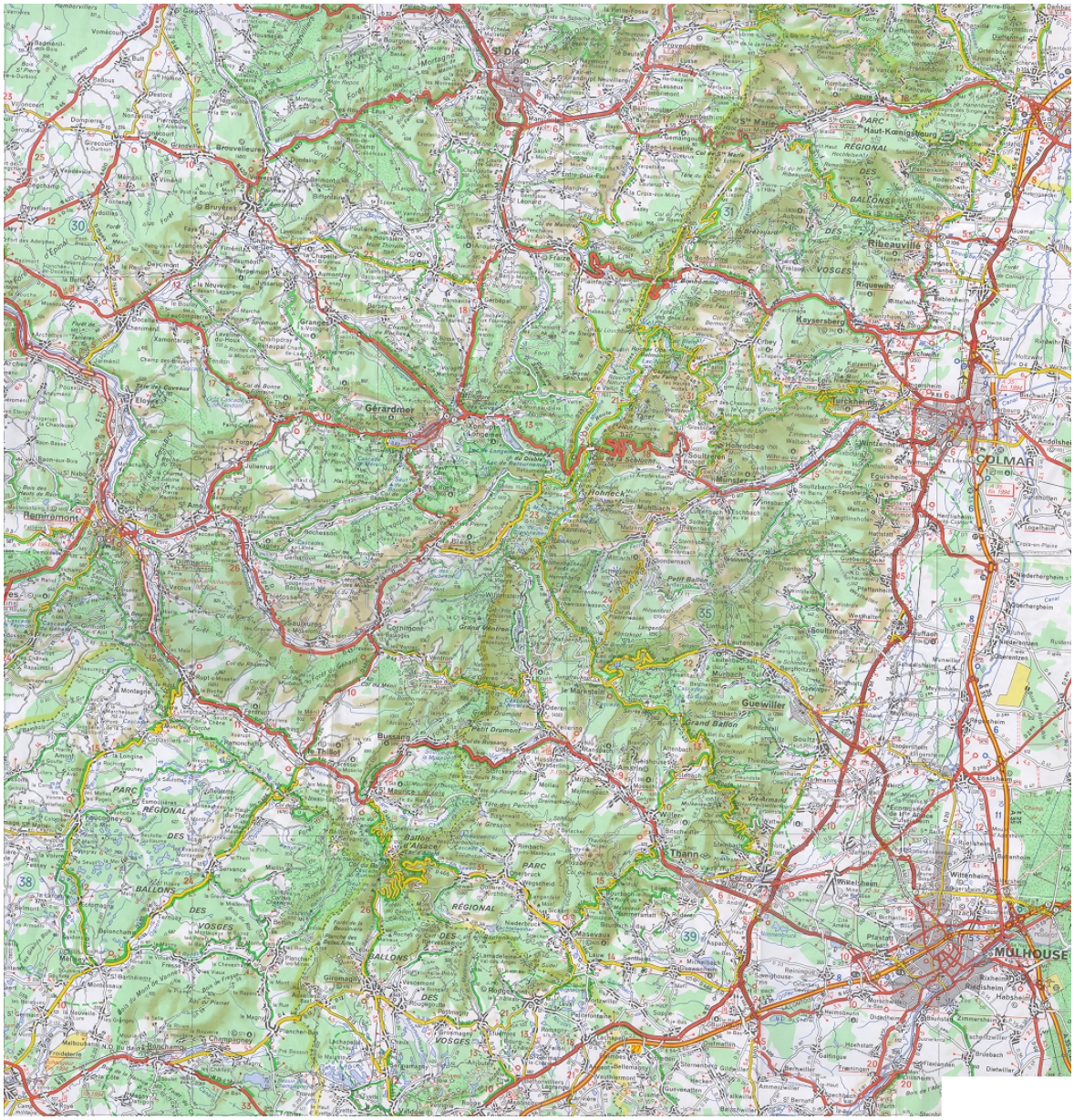
[307] Baptiste (H.), "*Interactions entre système de transport et les systèmes de villes* ... op. cit.

Les objectifs de développements du modèle FRED seraient alors, sur les bases de relations dynamiques entre les différents éléments de notre système, d'étudier les transformations du réseau d'accueil et d'évaluer la localisation de l'apparition de sites fréquentés sur un espace naturel d'accueil. Cette problématique apparaît fondamentale en prospective. Si nous intervenons sur l'espace, nous risquons de provoquer des bifurcations susceptibles d'engendrer des changements dans le réseau en transformant le nombre de sites et les réseaux de sentiers. Il devient alors évident que ces processus dynamiques sont intimement liés aux comportements des visiteurs face à des phénomènes d'essaimage et de colonisation de nouveaux sites générés par des saturations ou une perte attractivité des sites causée soit par une gêne, une dégradation des milieux naturels, la recherche de nouveaux types de paysages, de nouvelles pratiques sportives, etc.

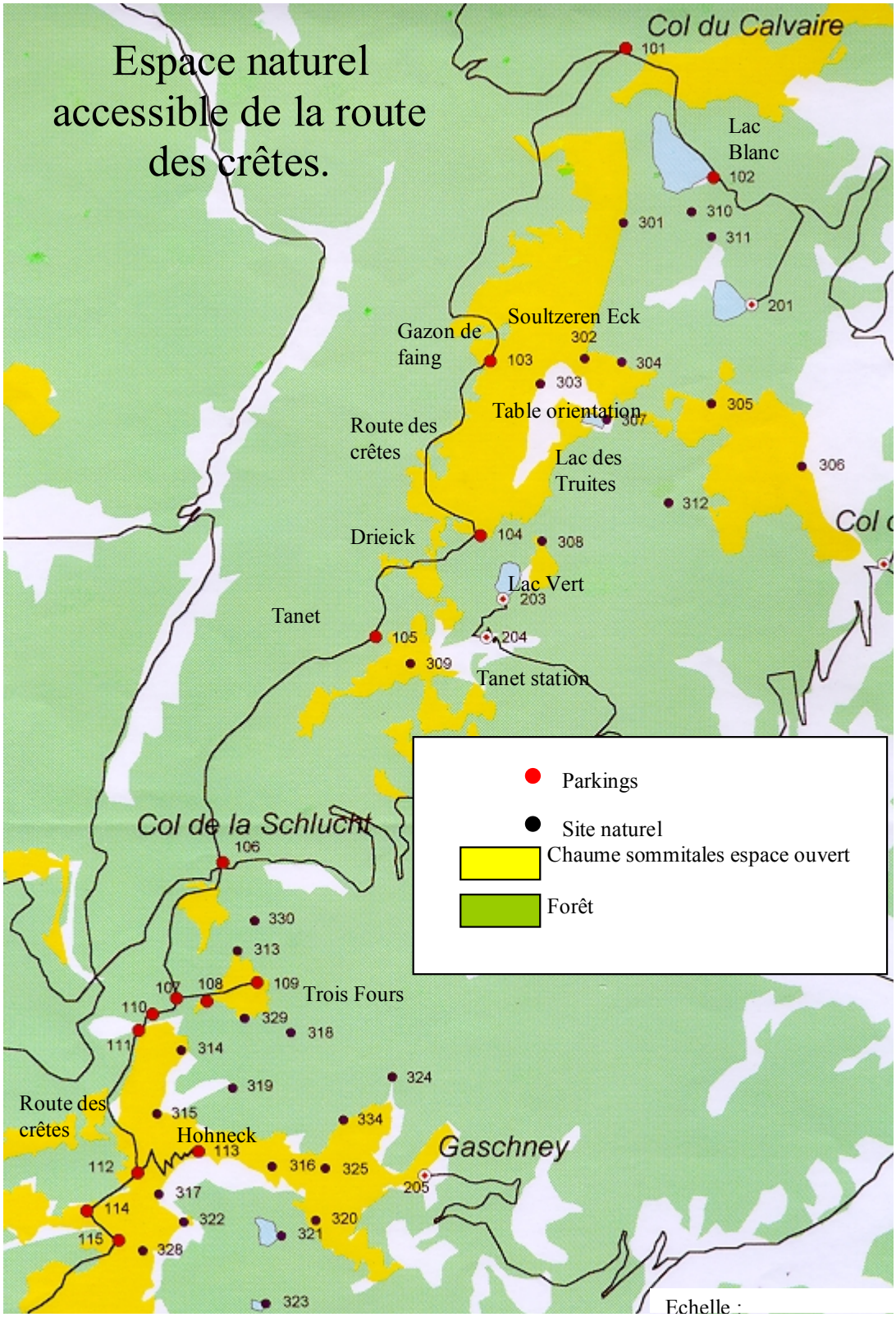
Les espaces naturels suscitent un engouement, une envie et des plaisirs. Comment ne pas voir depuis le XIXième siècle, cette vénération peinte, chantée, écrite par nos plus grands maîtres. L'homme aime une nature qu'il a domestiquée. Cette sensation de plaisir est répandue, Stefan Zweig dans une nouvelle "La femme et le paysage", possède une approche toute freudienne, lorsqu'il décrit les paysages des Dolomites et celle d'une présence féminine : "*qu'un souffle léger, très léger passait sur la nature, comme si un soupir ardent et nostalgique fût sorti de quelque part*". Cette nature qui éveille les sens et la rêverie, quelles que soient les époques. Les beaux paysages ont toujours été reconnus, il suffit pour cela de lire les récits de voyageurs et de pèlerinages, pour s'apercevoir qu'il existe un rapport passionnel de l'homme avec la nature.

ANNEXES

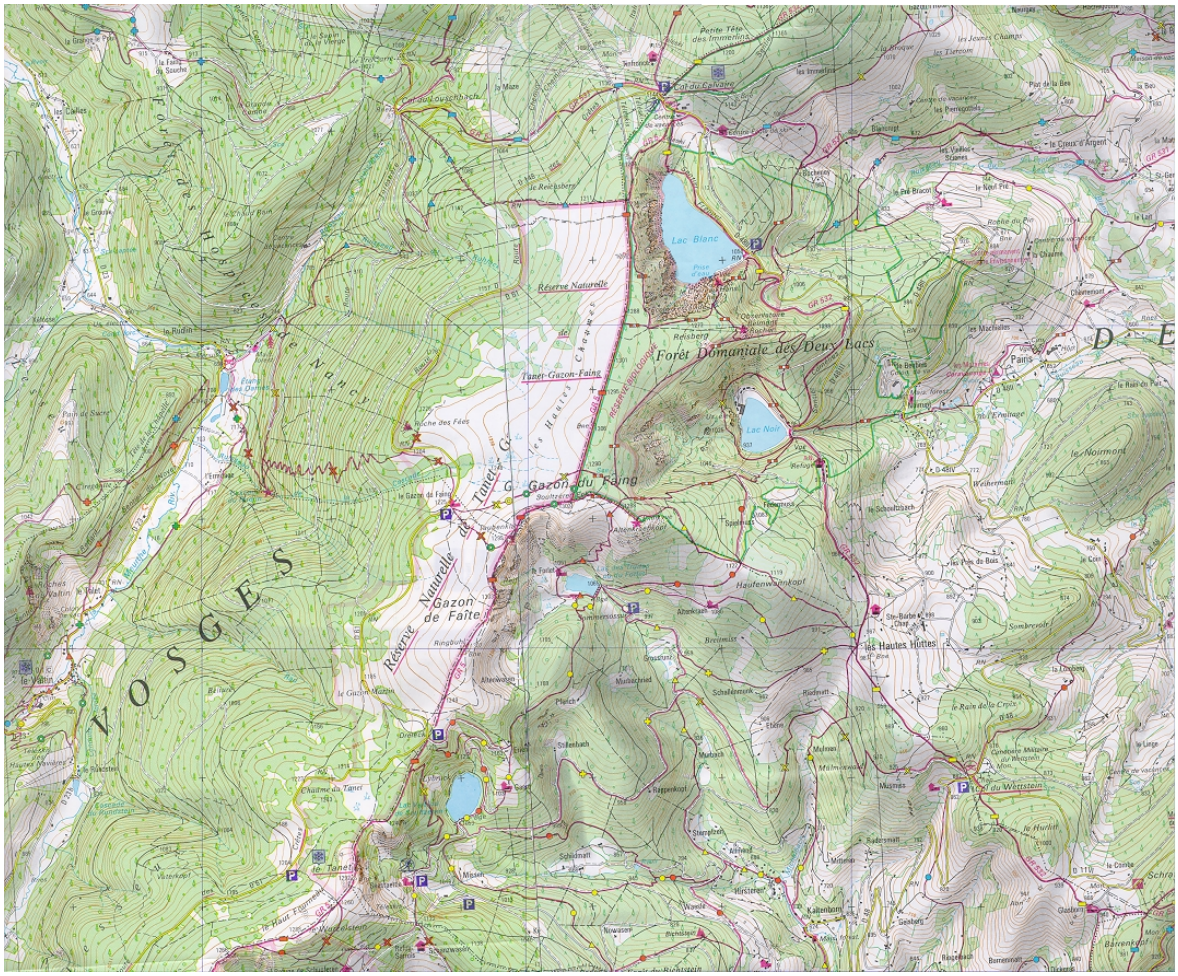
Annexe 1 : Carte des Hautes Vosges



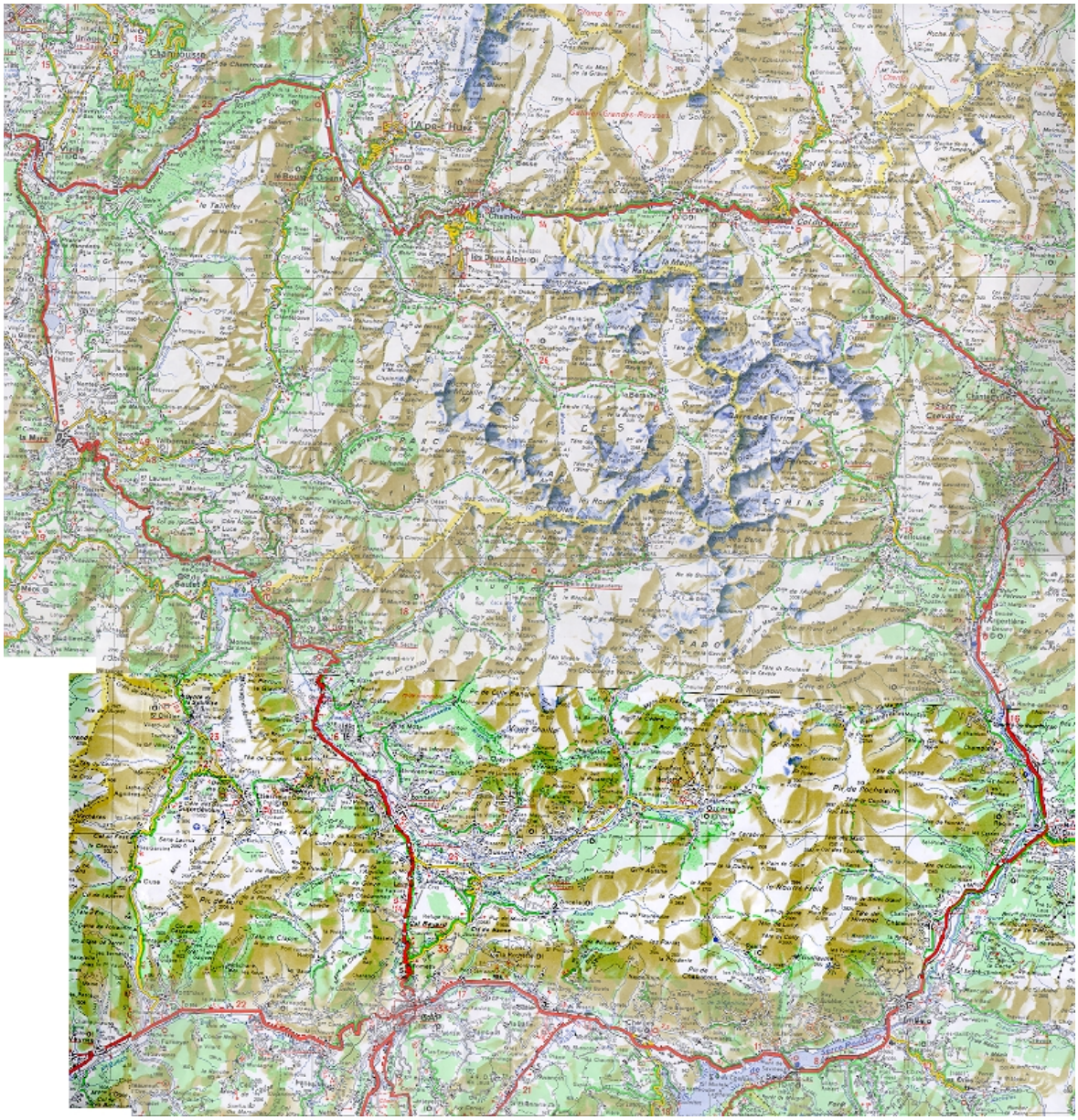
Annexe 2 : Structure de l'espace naturel des Hautes Vosges (Secteur de la route des crêtes)



Annexe 3 : Carte de la réserve naturelle du Tanet-Gazon du Faing



Annexe 4 : Carte des Ecrins



Annexe 5 : Caractéristiques de l'offre spatiale des parkings - Vosges

nom parking		Nombre de curiosités naturelles dans les aires de diffusion				
	code	500	1000	3000	site total	Type site
Hohneck	217	1	2	11	14	5.5
Petit Ballon	315	2	1	3	6	5.5
Grand Ballon	299	1	2	1	4	7
Station du Lac Vert	246	2	2	6	10	3.5
Gaschney	235	0	2	8	10	5.5
Markstein	274	1	1	5	7	5.5
Drieick	358	1	2	10	13	3.5
Lac Blanc	229	2	0	9	11	3.5
Schiessrothried	259	1	5	7	13	2.5
Rouge Gazon	47	1	1	4	6	5
FA Ferschmuss	25	1	1	9	11	3.5
Col de la Schlucht	222	0	2	5	7	5.5
FA Kastelberg	310	1	1	11	13	3
FATrois Fours	357	1	2	8	11	3
La Duchesse	220	0	2	13	15	3
Pied Hohneck	218	0	2	12	14	3
Ballon d'Alsace	14	0	2	2	4	6.5
RN du Gazon du Faing	226	0	1	14	15	2.5
FA Breitsouze	309	0	1	11	12	3
FA Khaler Wasen	316	1	1	5	7	3
Lac Noir	233	1	0	10	11	2.5
Rothenbachkopf	27	0	2	7	9	3
Jardin Chitelet	312	1	0	13	14	2
CI Rothenbach	18	0	2	6	8	3
Pkg L. Lauch	277	1	0	6	7	3
Aire Panramique	219	0	1	14	15	2
Longemer	353	1	1	2	4	3
Trois Fours Bis	313	1	2	10	13	1.5
FA Schmargult	311	0	0	13	13	2.5
FA le Haag	276	0	2	2	4	4
Col du Calvaire	227	0	1	6	7	3.5
FA Huss	280	1	0	3	4	3.5
Trois Fours	224	1	1	11	13	1.5
Lac de Retournemer	245	1	0	6	7	2.5
FA Steinlebach	278	0	2	5	7	2.5
FA Strohberg	317	1	0	5	6	2.5
Tanet	221	0	3	4	7	2
FA Steinwasen	364	1	0	7	8	2
Schnepfenried	265	0	1	2	3	5
Lac de lispach	192	1	0	4	5	2.5
RN de Machais	19	1	0	6	7	2
Breitfirst	268	1	0	6	7	2
Chaumes Trehkopf	272	1	0	6	7	2
Col du Weittstein	207	1	0	3	4	2.5
Le Haicot	244	1	1	2	4	2
L. Ballon	282	1	1	2	4	2
Pkg. L. des Corbeaux	9	1	0	1	2	3
Petit Drumont	45	1	0	1	2	3
Buchwald	254	0	0	7	7	3
Grand Ventron	6	0	1	1	2	4.5
FA Salzbach	270	0	1	4	5	2.5
Roche du Diable	345	0	1	4	5	2.5
FA Lameisberg	362	0	1	5	6	2
Pkg L. Blanchemer	17	1	1	6	8	1
Lac d'Alfeld	54	0	0	6	6	2.5
FA Uff Rain	271	0	1	3	4	2.5
Tremontkopf	301	1	0	1	2	2
FA Hilsen	320	0	0	7	7	2
FA Landersen	314	0	0	5	5	2.5
La Jumenterie	13	0	2	2	4	1.5
Neurod	308	0	1	3	4	2

Col du Bonhomme	230	0	0	3	3	3.5
Col des Bagenelles	241	0	0	3	3	3.5
FA Riesenwald	50	0	0	5	5	2
Steinbruck	213	0	0	5	5	2
Menuis	231	1	0	4	5	1
Col de Bramont	2	0	0	6	6	1.5
Col de Louchbach	228	0	0	6	6	1.5
Col du Plaefzerwaesel	264	1	0	3	4	1
FA Ruchberg	51	0	0	4	4	2
FA Gutisberg	330	0	0	4	4	2
FA Balveurche	346	0	0	4	4	2
FA Schutzle	363	0	0	4	4	2
Lachtelweiler	85	0	1	2	3	1.5
Col de Boenlesgrab	319	0	0	5	5	1.5
Ballon de Servance	109	0	0	2	2	3.5
Kolbenwasen	216	0	1	10	11	0.5
Rimbach près Guebwiller	291	0	0	4	4	1.5
Col du Hundsruck	57	0	0	3	3	1.5
Lamadeleine	303	0	0	3	3	1.5
FA Schaffert	273	0	0	2	2	2
Firstacker	297	0	0	2	2	2
Belchenthal	329	0	0	4	4	1
Le Vieil Armand	295	0	0	1	1	4
Col de l'Oderen	28	0	0	2	2	1.5
Col du Linge	204	0	0	2	2	1.5
Col de la Vierge	4	0	0	3	3	1
Ermensbach	52	0	0	6	6	0.5
Kunbach	67	0	0	3	3	1
Fosse Aurore	70	0	0	3	3	1
Hubel	298	0	0	6	6	0.5
Riervescemont	300	0	0	3	3	1
Frenz	12	0	0	1	1	3
Ermitage du Frère Joseph	33	0	0	1	1	3
Belfahy	123	0	0	1	1	3
Stemliesberg	361	0	1	2	3	0.5
FA Felsach	30	0	0	1	1	2.5
Planches des Belles Filles	114	0	0	1	1	2.5
St Nicolas	305	0	0	2	2	1
Tilleuls	307	0	0	2	2	1
Oberbreitenbach	359	0	0	3	3	0.5
Chateu Lambert	108	0	0	1	1	1.5
Molleau	65	0	0	1	1	1

Annexe 6 : Caractéristiques de l'offre spatiale des parkings – Ecrins

		Nombre de sites dans une aire de			Nb sites	
nom	code	500	1000	3000	naturels	Type site
Pré de Mme. Carle	130	1	0	5	6	5.5
Le Chambon	16	1	0	1	2	5
Orcières - Merlette	152	0	0	2	2	5
La Grave	19	0	0	1	1	4.5
Col du Lautaret	21	0	0	1	1	4.5
La Bérarde	102	1	0	3	4	4.5
Vallouise	118	0	0	1	1	4.5
Villard Raymond	168	0	0	2	2	4.5
Alpes d'Huez	13	0	0	1	1	4
Chantemerle	28	0	0	1	1	4
Le Désert	94	0	1	3	4	4
Gioberney	114	0	1	2	3	4
Les Borels	153	0	1	1	2	4
Bourg - d'Oisans	8	0	0	2	2	3.5
Les Deux Alpes	18	1	0	3	4	3.5
Pont d'Arsines	22	0	0	1	1	3.5
Valnestre	92	0	0	5	5	3.5
Venosc	95	0	1	3	4	3.5
Ailes Froides	124	0	0	3	3	3.5
Puy St Vincent	137	0	1	2	3	3.5
Chaillol	144	0	0	1	1	3.5
Lauzet	23	0	0	2	2	3
Le Casset	26	0	0	2	2	3
Pallon	36	0	0	1	1	3
Vaunoire	85	1	0	2	3	3
St Christophe en Oisans	99	0	1	3	4	3
Les Portes	115	0	0	2	2	3
Molines en Champsaur	158	0	0	3	3	3
Monêtier	29	0	0	1	1	2.5
La Danchère	96	0	1	1	2	2.5
Champhorent	100	0	1	2	3	2.5
Puy Aillaud	132	0	0	2	2	2.5
Dourmillouse	141	0	0	3	3	2.5
St Léger	146	0	0	2	2	2.5
Champoléon	156	0	0	2	2	2.5
Villard Notre Dame	11	0	0	1	1	2
Col de lhomme	111	0	1	3	4	2
Notre Dame de Salette	112	0	1	3	4	2
Entre les Aigues	135	1	1	2	4	2
Freissinières	138	0	0	1	1	2
Orcières	149	0	0	1	1	2
Praîc	151	0	0	3	3	2
Gourniers	159	0	0	1	1	2
Ornon	9	0	0	2	2	1.5
Le Pariset	17	1	0	3	4	1.5
Villar Loubière	65	0	0	4	4	1.5
Les faures	81	0	0	1	1	1.5
Le Villard	87	0	0	4	4	1.5
Le Chalp	91	0	0	2	2	1.5
Les Faures Clarets	93	0	0	3	3	1.5
Plan du Lac	97	1	0	5	6	1.5
Pl Lac Gite	98	0	1	2	3	1.5
Les Etages	101	0	0	4	4	1.5
Pont des Glaces	131	1	0	3	4	1.5
Archinards	148	0	0	2	2	1.5
Ancelle	157	0	0	3	3	1.5
Le Rabious	165	0	1	1	2	1.5
Chambran	125	0	0	2	2	1
Fournel	136	0	1	2	3	1
Les Pinées	166	0	0	1	1	1

Annexe 7 : Comptages parkings – Vosges

Détail des comptages réalisés lors de l'étude fréquentation sur les Hautes Vosges

type heure	Schlucht	sommet du Hohneck	pied du Hohneck
09:45:00	*27*		
10:15:00	*41*	*20*	*22*
10:45:00	*67*	*24*	*20*
11:15:00	*89*	*41*	*29*
11:45:00	*180*	*55*	*36*
12:15:00	*179*	*60*	*47*
12:45:00	*199*	*76*	*56*
13:15:00	*199*	*81*	*44*
13:45:00	*198*	*80*	*55*
14:15:00	*199*	*96*	*66*
15:15:00	*262*	*112*	*70*
15:45:00	*274*	*119*	*65*
16:15:00	*249*	*126*	*53*
16:45:00	*223*	*111*	*60*
17:15:00	*223*	*110*	*36*
17:45:00	*209*	*112*	*38*
18:15:00	*210*	*89*	
18:45:00	*70*		

Véhicules comptés sur la route menant au sommet du Hohneck

date	*sommet du Hohneck**	*véhicules présents***	*total(+ 20%) ****
17/07/1996	*398*	*48*	*498*
22/07/1996	*378*	*24*	*473*
26/07/1996	*396*	*17*	*495*
27/07/1996	*359*	*38*	*449*
08/08/1996	*808*	*86*	*1010*
09/08/1996	*665*	*59*	*831*
17/08/1996	*636*	*96*	*795*
18/08/1996	*806*	*98*	*1008*

Comptages effectués entre 11-12 heure et 17-18 h ; ** véhicules présents au début du comptage ; * estimation (comptage 11-18h) = 80% de la fréquentation journalière*

Moyennes des comptages effectuées par relevés horaires sur les parkings de la route des crêtes appartenant au secteur du Hohneck

type heure	3 Fours	3 Fours bis	aire de pique nique	Chitelet	route des crêtes	pied Hohneck
10:15:00	*2*		*6*	*5*	*12*	*22*
10:45:00	*4*		*8*	*6*	*18*	*20*
11:15:00	*9*	*14*	*10*	*12*	*45*	*29*
11:45:00	*5*	*4*	*10*	*15*	*33*	*36*
12:15:00	*11*	*29*	*17*	*12*	*69*	*47*
12:45:00	*9*	*13*	*12*	*9*	*43*	*56*
13:15:00	*15*	*30*	*16*	*8*	*69*	*44*
13:45:00	*13*	*16*	*9*	*9*	*47*	*55*
14:45:00	*18*	*25*	*16*	*17*	*77*	*54*
15:15:00	*23*	*25*	*21*	*16*	*85*	*70*
15:45:00	*32*	*22*	*20*	*26*	*100*	*65*
16:15:00	*16*	*20*	*13*	*17*	*65*	*53*
16:45:00	*28*	*25*	*17*	*18*	*88*	*60*
17:15:00	*21*	*16*	*23*	*21*	*81*	*36*

Moyennes des comptages effectuées par relevés horaires sur les parkings de la route des crêtes appartenant au secteur du Tanet

type heure	Dreieck	Gazon faing	Total
09:45:00	*5*	*2*	*7*
10:15:00	*14*	*10*	*24*
10:45:00	*24*	*19*	*43*
11:15:00	*31*	*23*	*54*
11:45:00	*37*	*27*	*64*
12:15:00	*46*	*39*	*85*
12:45:00	*58*	*33*	*91*
13:15:00	*40*	*42*	*81*
13:45:00	*46*	*31*	*77*
14:45:00	*75*	*38*	*113*
15:15:00	*53*	*56*	*109*
15:45:00	*91*	*45*	*136*
16:15:00	*50*	*48*	*98*
16:45:00	*60*	*49*	*109*

Moyennes des comptages effectuées par relevés horaires sur les parkings de la route des crêtes appartenant au secteur du Lac Blanc

type heure	*Col du calvaire*	*Lac blanc*
10:15:00	*10*	
10:45:00		*19*
11:15:00	*19*	*40*
11:45:00	*32*	*54*
12:15:00	*39*	*62*
12:45:00		*78*
13:15:00	*44*	*126*
13:45:00		*110*
14:45:00	*99*	
15:15:00		*133*
15:45:00		*151*
16:15:00	*78*	*124*
16:45:00	*95*	*106*
17:45:00	*53*	*93*

Annexe 8 : Flux de fréquentations pédestres du massif des Hautes Vosges

Nombre de relevés effectués sur les sentiers lors de la campagnes de comptages

Points de passage	*Nombre de relevés*
Col du Falimont	*336*
Collet du Hohneck	*195*
Col du Schaefferthal	*518*
Dreieck	*32*
Soultzeren Eck	*147*
Table orientation Gazon du Faing	*87*
Tanet haut Fourneau	*40*
Total	*1355*

Moyenne des comptages effectués sur les sentiers

heure	Col du Falimont	Collet du Hohneck	Col du Schaefferthal	Dreieck	Soultzeren Eck	Gazon du Faing (table)
10:00-10:30					*27*	
10:30-11:00					*27*	
11:00-11:30	*37*		*41*		*34*	*54*
11:30-12:00	*63*	*25*	*46*		*55*	*70*
12:00-12:30	*68*	*24*	*57*	*101*	*56*	*75*
12:30-13:00	*63*	*17*	*46*		*33*	*75*
13:00-13:30	*54*	*25*	*68*		*43*	*56*
13:30-14:00	*76*	*26*	*62*	*91*	*51*	*73*
14:00-14:30	*128*	*40*	*96*	*74*	*87*	*46*
14:30-15:00	*109*	*33*	*91*	*76*	*64*	*81*
15:00-15:30	*112*	*54*	*97*	*119*	*51*	*56*
16:00-16:30	*130*	*47*	*87*	*87*	*56*	*87*
16:30-17:00	*100*	*49*	*94*		*68*	*98*
17:00-17:30	*110*	*32*	*75*		*58*	*56*
17:30-18:00	*52*	*20*	*15*			*34*

Annexe 9 : Méthode de calcul de l'Indice "type site"

Equipement restauration

Restauration	*Indice*
Ferme auberge	*1 × nombre d'équipements*
Auberge	*0.5× nombre d'équipement*
Aucune structure d'accueil	*0*

Notoriété du site

Notoriété du site (Paysages)	*Indice*
"Vaut le voyage" site exceptionnel de notoriété national	*1.5*
"Mérite un détour" site de notoriété régionale	*1*
Très intéressant Site de notoriété locale	*0.5*
Rien	*0.0*

Sentiers des espaces naturels

Circuits de promenade	*Indice*
Circuits dans guide	*1*
Sentiers balisés	*0.5*
Aucune information	*0.0*

Routes touristiques

Route Touristique	*Indice*
Circuits dans guide	*1*
Accessibilité	*0.5*
Aucune information	*0.0*

Equipement des sites

Equipements de loisirs	*Indice*
Lieu d'accueil d'activités sportives ou autres	*1*
Pas de structure d'accueil mais site « officieux » d'activités	*0.5*
Aucune structure	*0.0*

Curiosités naturelles des espaces de visite

Curiosités naturelles	*Indice*
Plusieurs curiosités naturelles mentionnées dans des guides	*1.5*
Point de vue, curiosités dans guide	*1*
Existence d'un site ou balcon panoramique non mentionné dans un guide	*0.5*
Espace fermé	*0.0*

Annexe 10 : Caractéristiques des parkings sur les Vosges

nom pkg	*capacité pkg*	*Equip-loisir*	*auberge*	*curiosité nat*	*sentier guide*	*route touristique*	*notoriété tourist*	*niveau*	*total*
Ermensbach	*1*	*0*	*0*	*0*	*0.5*	*0*	*0*	*0.5*	*1.5*
Hubel	*1*	*0*	*0*	*0*	*0.5*	*0*	*0*	*0.5*	*1.5*
Kolbenwasen	*1*	*0*	*0*	*0*	*0.5*	*0*	*0*	*0.5*	*1.5*
Oberbreitenbach	*1*	*0*	*0*	*0*	*0.5*	*0*	*0*	*0.5*	*1.5*
Stemliesberg	*1*	*0*	*0*	*0*	*0.5*	*0*	*0*	*0.5*	*1.5*
Belchenthal	*1*	*0*	*0*	*0*	*0.5*	*0.5*	*0*	*1*	*2*
Col de la Vierge	*1*	*0*	*0*	*0*	*0.5*	*0.5*	*0*	*1*	*2*
Col du Plaefzerwaesel	*1*	*0*	*0*	*0*	*1*	*0*	*0*	*1*	*2*
Fosse Aurore	*1*	*0*	*0*	*0.5*	*0.5*	*0*	*0*	*1*	*2*
Kunbach	*1*	*0*	*0*	*0.5*	*0.5*	*0*	*0*	*1*	*2*
Menuis	*1*	*0*	*0*	*0.5*	*0.5*	*0*	*0*	*1*	*2*
Molleau	*1*	*0*	*0*	*0*	*1*	*0*	*0*	*1*	*2*
Pkg L. Blanchemer	*1*	*0*	*0*	*1*	*0*	*0*	*0*	*1*	*2*
Riervescemont	*1*	*0*	*0*	*0*	*0.5*	*0.5*	*0*	*1*	*2*
St Nicolas	*1*	*0*	*0*	*0*	*0.5*	*0.5*	*0*	*1*	*2*
Tilleuls	*1*	*0*	*0*	*0.5*	*0.5*	*0*	*0*	*1*	*2*
Chateu Lambert	*1*	*0*	*0.5*	*0*	*0.5*	*0.5*	*0*	*1.5*	*2.5*
Col de Boenlesgrab	*1*	*0*	*0.5*	*0*	*1*	*0*	*0*	*1.5*	*2.5*
Col de Bramont	*1*	*0*	*0*	*0*	*1*	*0.5*	*0*	*1.5*	*2.5*
Col de l'Oderen	*1*	*0*	*0*	*0*	*1*	*0.5*	*0*	*1.5*	*2.5*
Col de Louchbach	*1*	*0*	*0*	*0*	*1*	*0.5*	*0*	*1.5*	*2.5*
Col du Hundsruck	*1*	*0*	*0*	*0*	*1*	*0.5*	*0*	*1.5*	*2.5*
Col du Linge	*3*	*1*	*0*	*0*	*0*	*0.5*	*0*	*1.5*	*4.5*
La Jumenterie	*2*	*0*	*0*	*0.5*	*0.5*	*0.5*	*0*	*1.5*	*3.5*
Lachtelweiler	*1*	*0*	*0*	*0.5*	*1*	*0*	*0*	*1.5*	*2.5*
Lamadeleine	*1*	*0*	*0*	*0.5*	*0.5*	*0.5*	*0*	*1.5*	*2.5*
Rimbach près Guebwiller	*1*	*0*	*0*	*0*	*1*	*0.5*	*0*	*1.5*	*2.5*
Trois Fours	*4*	*0*	*0*	*0*	*0.5*	*1*	*0*	*1.5*	*5.5*
Trois Fours Bis	*1*	*0*	*0*	*0.5*	*1*	*0*	*0*	*1.5*	*2.5*
Aire Panramique	*1*	*0*	*0*	*1*	*0*	*1*	*0*	*2*	*3*
Breitfirst	*1*	*0*	*0*	*1*	*1*	*0*	*0*	*2*	*3*
Chaumes Trehkopf	*1*	*0*	*0*	*1*	*1*	*0*	*0*	*2*	*3*
Col du Weittstein	*3*	*0*	*1*	*0*	*1*	*0.5*	*0*	*2*	*4.5*
FA Balveurche	*1*	*0*	*1*	*0.5*	*0.5*	*0*	*0*	*2*	*3*
FA Gutisberg	*1*	*0*	*1*	*0.5*	*0.5*	*0*	*0*	*2*	*3*
FA Hilsen	*1*	*0*	*1*	*0.5*	*0.5*	*0*	*0*	*2*	*3*
FA Lameisberg	*1*	*0*	*1*	*0.5*	*0.5*	*0*	*0*	*2*	*3*
FA Riesenwald	*1*	*0*	*1*	*0.5*	*0.5*	*0*	*0*	*2*	*3*
FA Ruchberg	*1*	*0*	*1*	*0.5*	*0.5*	*0*	*0*	*2*	*3*
FA Schaffert	*1*	*0*	*1*	*0.5*	*0.5*	*0*	*0*	*2*	*3*
FA Schutzle	*1*	*0*	*1*	*0.5*	*0.5*	*0*	*0*	*2*	*3*
FA Steinwasen	*1*	*0*	*1*	*0.5*	*0.5*	*0*	*0*	*2*	*3*
Firstacker	*1*	*0*	*0*	*0*	*1*	*1*	*0*	*2*	*3*
Jardin Chitelet	*1*	*0*	*0*	*1*	*0*	*1*	*0*	*2*	*3*
L. Ballon	*1*	*0*	*0*	*1*	*1*	*0*	*0*	*2*	*3*
La Duchesse	*1*	*0*	*0*	*0.5*	*0.5*	*1*	*0*	*2*	*3*
Le Haicot	*1*	*0*	*0*	*0.5*	*1*	*0.5*	*0*	*2*	*3*
Neurod	*1*	*0*	*0*	*0.5*	*0.5*	*1*	*0*	*2*	*3*
RN de Machais	*1*	*0*	*0*	*1.5*	*0.5*	*0*	*0*	*2*	*3*
Steinbruck	*3*	*0*	*0*	*1*	*1*	*0*	*0*	*2*	*5*
Tanet	*1*	*0*	*0*	*0*	*1*	*1*	*0*	*2*	*3*
Tremontkopf	*1*	*0*	*0*	*1*	*1*	*0*	*0*	*2*	*3*
FA Felsach	*1*	*0*	*1*	*1*	*0.5*	*0*	*0*	*2.5*	*3.5*
FA Landersen	*1*	*0*	*1*	*0.5*	*0.5*	*0.5*	*0*	*2.5*	*3.5*
FA Salzbach	*1*	*0*	*1*	*1*	*0.5*	*0*	*0*	*2.5*	*3.5*
FA Schmargult	*1*	*0*	*1*	*1*	*0.5*	*0*	*0*	*2.5*	*3.5*
FA Steinlebach	*1*	*0*	*1*	*1*	*0.5*	*0*	*0*	*2.5*	*3.5*
FA Strohberg	*1*	*0*	*1*	*1*	*0.5*	*0*	*0*	*2.5*	*3.5*
FA Uff Rain	*1*	*0*	*1*	*1*	*0.5*	*0*	*0*	*2.5*	*3.5*
Lac d'Alfeld	*1*	*0*	*0*	*1*	*1*	*0.5*	*0*	*2.5*	*3.5*
Lac de lispach	*1*	*0*	*0*	*1*	*1*	*0.5*	*0*	*2.5*	*3.5*
Lac de Retournemer	*1*	*0*	*0*	*1*	*0.5*	*0.5*	*1*	*2.5*	*3.5*
Lac Noir	*3*	*0*	*0*	*1*	*1*	*0*	*1*	*2.5*	*5.5*
Planches des Belles Filles	*3*	*1*	*0.5*	*0*	*1*	*0*	*0*	*2.5*	*5.5*

RN du Gazon du Faing	*2*	*0*	*0.5*	*0.5*	*0.5*	*1*	*0*	*2.5*	*4.5*
Roche du Diable	*1*	*0*	*0*	*1*	*0*	*0.5*	*1*	*2.5*	*3.5*
Schiessrothried	*1*	*0*	*0*	*1*	*1*	*0*	*1*	*2.5*	*3.5*
Belfahy	*5*	*1*	*0.5*	*0.5*	*1*	*0*	*0*	*3*	*8*
Buchwald	*2*	*0*	*1*	*0.5*	*1*	*0.5*	*0*	*3*	*5*
CI Rothenbach	*1*	*0*	*1*	*1*	*1*	*0*	*0*	*3*	*4*
Ermitage du Frère Joseph	*5*	*1*	*0.5*	*0.5*	*1*	*0*	*0*	*3*	*8*
FA Breitsouze	*1*	*0*	*1*	*0.5*	*0.5*	*1*	*0*	*3*	*4*
FA Kastelberg	*1*	*0*	*1*	*1*	*1*	*0*	*0*	*3*	*4*
FA Khaler Wasen	*1*	*0*	*1*	*0.5*	*1*	*0.5*	*0*	*3*	*4*
FATrois Fours	*1*	*0*	*1*	*1*	*1*	*0*	*0*	*3*	*4*
Frenz	*5*	*1*	*0.5*	*0.5*	*1*	*0*	*0*	*3*	*8*
Lac Blanc	*3*	*0*	*0*	*1*	*1*	*0.5*	*1*	*3*	*6.5*
Longemer	*4*	*0*	*0*	*1*	*1*	*0.5*	*1*	*3*	*7*
Petit Drumont	*1*	*0*	*0*	*1*	*1*	*0*	*1*	*3*	*4*
Pied Hohneck	*2*	*0*	*0.5*	*0.5*	*1*	*1*	*0*	*3*	*5*
Pkg L. Lauch	*1*	*0*	*0*	*1*	*1*	*0.5*	*1*	*3*	*4*
Pkg. L. des Corbeaux	*1*	*0*	*0.5*	*1*	*1*	*0*	*1*	*3*	*4*
Rothenbachkopf	*1*	*0*	*0*	*1*	*1*	*1*	*0*	*3*	*4*
Ballon de Servance	*1*	*0*	*0*	*1*	*1*	*0.5*	*1*	*3.5*	*4.5*
Col des Bagenelles	*3*	*0.5*	*1*	*0*	*1*	*1*	*0*	*3.5*	*6.5*
Col du Bonhomme	*5*	*1*	*0.5*	*0*	*1*	*1*	*0*	*3.5*	*8.5*
Col du Calvaire	*5*	*1*	*0.5*	*0*	*1*	*1*	*0*	*3.5*	*8.5*
Dreieck	*3*	*0*	*0*	*1.5*	*1*	*1*	*0*	*3.5*	*6.5*
FA Ferschmuss	*1*	*0*	*1*	*0.5*	*1*	*1*	*0*	*3.5*	*4.5*
FA Huss	*1*	*0*	*1*	*0.5*	*1*	*1*	*0*	*3.5*	*4.5*
Station du Lac Vert	*3*	*0.5*	*1*	*1*	*1*	*0*	*0*	*3.5*	*6.5*
FA le Haag	*1*	*0*	*1*	*1*	*1*	*1*	*0*	*4*	*5*
Le Vieil Armand	*3*	*1*	*0*	*0*	*1*	*1*	*1*	*4*	*7*
Gaschney	*5*	*1*	*1.5*	*1*	*1*	*0*	*0*	*4.5*	*9.5*
Grand Ventron	*1*	*0*	*1*	*1.5*	*1*	*0*	*1*	*4.5*	*5.5*
Rouge Gazon	*5*	*1*	*1.5*	*1*	*1*	*0*	*1*	*5*	*10*
Schnepfenried	*5*	*1*	*1.5*	*1*	*1*	*0*	*1*	*5*	*10*
Col de la Schlucht	*5*	*1*	*0.5*	*1.5*	*1*	*1*	*1*	*5.5*	*10.5*
Hohneck	*3*	*0*	*0.5*	*1.5*	*1*	*1*	*2*	*5.5*	*8.5*
Markstein	*5*	*1*	*1.5*	*1*	*1*	*1*	*0*	*5.5*	*10.5*
Petit Ballon	*2*	*0*	*2*	*1*	*1*	*0.5*	*1*	*5.5*	*7.5*
Ballon d'Alsace	*5*	*1*	*1.5*	*1*	*1*	*0.5*	*2*	*6.5*	*11.5*
Grand Ballon	*4*	*1*	*1.5*	*1*	*1*	*1*	*2*	*7*	*11*

Annexe 11 : Caractéristiques des parkings sur les Ecrins

Code nœud	nom parking	Station hiver	Equipement loisirs	Site naturel	Sentier	Route touristique	Notoriété du site	Total
8	Bourg - d'Oisans	0.5	1	0.5	1	0.5	0	3.5
9	Ornon	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1.5
11	Villard Notre Dame	0	0	1	1	0	0	2
13	Alpes d'Huez	1	1.5	0.5	0.5	0.5	0	4
16	Le Chambon	0	1.5	1	1	0.5	1	5
17	Le Pariset	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1.5
18	Les Deux Alpes	1	1.5	0.5	0.5	0	0	3.5
19	La Grave	0.5	1.5	1	1	0.5	0	4.5
21	Col du Lautaret	0	1	1	1	0.5	1	4.5
22	Pont d'Arsines	0	1	1	1	0.5	0	3.5
23	Lauzet	0	0.5	1	1	0.5	0	3
26	Le Casset	0	1	0.5	1	0.5	0	3
28	Chantemerle	1	1.5	0.5	0.5	0.5	0	4
29	Monêtier	0.5	0	0.5	1	0.5	0	2.5
36	Pallon	0	0.5	1	1	0	0.5	3
65	Villar Loubière	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1.5
81	Les faures	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1.5
85	Vaunoire	0	0	1	1	0.5	0.5	3
87	Le Villard	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1.5
91	Le Chalp	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1.5
92	Valnestre	0	0.5	1	1	0.5	0.5	3.5
93	Les Faures Clarets	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1.5
94	Le Désert	0	0.5	1	1	0.5	1	4
95	Venosc	0	1	0.5	1	0.5	0.5	3.5
96	La Danchère	0	0	1	1	0.5	0	2.5
97	Plan du Lac	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1.5
98	Pl Lac Gite	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1.5
99	St Christophe en Oisans	0	0	1	1	0.5	0.5	3
100	Champhorent	0	0	1	1	0.5	0	2.5
101	Les Etages	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1.5
102	La Bérarde	0	1	1.5	1	0.5	0.5	4.5
111	Col de lhomme	0	0.5	1	0.5	0	0	2
112	Notre Dame de Salette	0	0.5	1	0.5	0	0	2
114	Gioberney	0	0	1.5	1	0.5	1	4
115	Les Portes	0	0	1	0.5	0.5	1	3
118	Vallouise	0.5	1	0.5	1	1	0.5	4.5
119	Maison du Parc	0	0	0	0	0	0	0
124	Ailes Froides	0	0.5	0.5	1	1	0.5	3.5
125	Chambran	0	0	0.5	0.5	0	0	1
130	Pré de Mme. Carle	0	0.5	1.5	1.5	1	1	5.5
131	Pont des Glaces	0	0	0.5	1	0	0	1.5
132	Puy Aillaud	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0.5	2.5
135	Entre les Aigues	0	0	1	1	0	0	2
136	Fournel	0	0	0.5	0.5	0	0	1
137	Puy St Vincent	1	1	0.5	0.5	0.5	0	3.5
138	Freissinières	0	0.5	0.5	1	0	0	2
141	Dourmillouse	0	0.5	0.5	1	0	0.5	2.5
144	Chaillol	0.5	1	1	1	0	0	3.5
146	St Léger	0.5	0.5	0.5	0	0	0	1.5
148	Archinards	0	0	0.5	0.5	0	0.5	1.5
149	Orcières	0	1	0	0.5	0.5	0	2
151	Praïc	0	0.5	0.5	0.5	0	0.5	2
152	Orcières - Merlette	1	1	1	0.5	0.5	1	5
153	Les Borels	0	0.5	1	1	1	0.5	4
156	Champoléon	0	0	1	0.5	1	0	2.5
157	Ancelle	0	0.5	0.5	0.5	0	0	1.5
158	Molines en Champsaur	0	0	1	1	0.5	0.5	3
159	Gourniers	0	0.5	1	0.5	0	0	2
165	Le Rabious	0	0	1	0.5	0	0	1.5
166	Les Pinées	0	0	0.5	0.5	0	0	1
168	Villard Raymond	0	0.5	1	1	0.5	1.5	4.5

Annexe 12 : Meilleurs résultats du calibrage sur les Vosges

Apres midi 16 – 17 heures											
accessibilité	*interection*	α	β	γ	*cont*	*prom*	*rand*	*r2*	*a*	*b*	*résidus*
45	14	1.87	0	1.76	1	0	0	0.92384	0.87	13.39	162
45	14	1.87	0	1.67	1	0	0	0.9247	0.87	13.24	162
45	14	1.87	0	1.68	1	0	0	0.92461	0.87	13.26	162
45	14	1.87	0	1.69	1	0	0	0.92452	0.87	13.28	162
45	14	1.88	0	1.72	1	0	0	0.92445	0.87	13.44	163
45	14	1.87	0	1.7	1	0	0	0.92443	0.87	13.29	163
45	14	1.88	0	1.73	1	0	0	0.92436	0.86	13.46	163
45	14	1.87	0	1.71	1	0	0	0.92433	0.87	13.31	163
45	14	1.88	0	1.74	1	0	0	0.92426	0.86	13.47	163
45	14	1.87	0	1.72	1	0	0	0.92424	0.87	13.33	163
45	14	1.88	0	1.75	1	0	0	0.92417	0.86	13.49	163
45	14	1.87	0	1.73	1	0	0	0.92414	0.87	13.34	163
45	14	1.88	0	1.76	1	0	0	0.92407	0.86	13.51	163
45	14	1.87	0	1.74	1	0	0	0.92404	0.87	13.36	163
45	14	1.87	0	1.75	1	0	0	0.92395	0.87	13.38	163
45	14	1.87	0	1.77	1	0	0	0.92374	0.87	13.41	163
45	14	1.87	0	1.78	1	0	0	0.92364	0.86	13.43	163
45	14	1.86	0	1.6	1	0	0	0.92507	0.87	13.01	163
45	14	1.86	0	1.61	1	0	0	0.92499	0.87	13.03	163
45	14	1.87	0	1.66	1	0	0	0.92479	0.87	13.23	163
45	14	1.88	0	1.69	1	0	0	0.92473	0.87	13.39	163
45	14	1.88	0	1.7	1	0	0	0.92464	0.87	13.41	164
45	14	1.88	0	1.71	1	0	0	0.92455	0.87	13.42	164
45	14	1.89	0	1.75	1	0	0	0.92437	0.86	13.6	164
45	14	1.88	0	1.77	1	0	0	0.92397	0.86	13.53	164
45	14	1.86	0	1.74	1	0	0	0.92381	0.87	13.25	164
45	14	1.86	0	1.75	1	0	0	0.92371	0.87	13.26	164
45	14	1.86	0	1.76	1	0	0	0.92361	0.87	13.28	164
45	14	1.87	0	1.79	1	0	0	0.92354	0.86	13.45	164
45	14	1.87	0	1.8	1	0	0	0.92343	0.86	13.46	164
45	14	1.87	0	1.8	1	0	0	0.92343	0.86	13.46	164
45	14	1.87	0	1.81	1	0	0	0.92332	0.86	13.48	164
45	14	1.87	0	1.82	1	0	0	0.92321	0.86	13.5	164
45	14	1.82	0	1.6	1	0	0	0.92404	0.87	12.54	164
45	14	1.82	0	1.61	1	0	0	0.92396	0.87	12.56	164
45	14	1.83	0	1.6	1	0	0	0.92433	0.87	12.66	164
45	14	1.84	0	1.65	1	0	0	0.92416	0.87	12.86	164
45	14	1.84	0	1.66	1	0	0	0.92407	0.87	12.88	164
45	14	1.84	0	1.67	1	0	0	0.92397	0.87	12.89	164
45	14	1.84	0	1.68	1	0	0	0.92388	0.87	12.91	164
45	14	1.85	0	1.6	1	0	0	0.92484	0.87	12.9	164
45	14	1.85	0	1.61	1	0	0	0.92476	0.87	12.91	164
45	14	1.86	0	1.62	1	0	0	0.92491	0.87	13.05	164
45	14	1.86	0	1.69	1	0	0	0.92429	0.87	13.16	164
45	14	1.87	0	1.6	1	0	0	0.92529	0.87	13.13	164
45	14	1.87	0	1.61	1	0	0	0.92521	0.87	13.15	164
45	14	1.87	0	1.62	1	0	0	0.92513	0.87	13.16	164
45	14	1.87	0	1.64	1	0	0	0.92496	0.87	13.19	164
45	14	1.87	0	1.65	1	0	0	0.92487	0.87	13.21	164
45	14	1.88	0	1.61	1	0	0	0.92541	0.87	13.26	164
45	14	1.88	0	1.62	1	0	0	0.92533	0.87	13.28	164
45	14	1.89	0	1.68	1	0	0	0.92501	0.86	13.49	164
45	14	1.89	0	1.69	1	0	0	0.92492	0.86	13.51	164

Midi 12 – 13 heures											
accessibilité	*interection*	*elast offre*	*élast interaction*	*elast accessibilité*	*cont*	*prom*	*rand*	*r2*	*a*	*b*	*résidus*
45	11	1.67	0	1.61	1	0	0	0.93827	0.91	7	133
45	11	1.66	0	1.6	1	0	0	0.93783	0.91	6.9	134
45	11	1.67	0	1.6	1	0	0	0.9383	0.91	6.99	134
45	11	1.67	0	1.62	1	0	0	0.93825	0.91	7.01	134
45	11	1.67	0	1.63	1	0	0	0.93822	0.91	7.01	134
45	11	1.67	0	1.64	1	0	0	0.9382	0.91	7.02	134
45	11	1.67	0	1.65	1	0	0	0.93817	0.91	7.03	134
45	11	1.67	0	1.66	1	0	0	0.93814	0.91	7.04	134
45	11	1.67	0	1.67	1	0	0	0.93811	0.91	7.05	134
45	11	1.67	0	1.68	1	0	0	0.93808	0.9	7.06	134
45	11	1.69	0	1.63	1	0	0	0.93911	0.9	7.2	134
45	11	1.63	0	1.63	1	0	0	0.93617	0.91	6.64	135
45	11	1.64	0	1.6	1	0	0	0.93681	0.91	6.71	135
45	11	1.64	0	1.61	1	0	0	0.93678	0.91	6.72	135
45	11	1.64	0	1.62	1	0	0	0.93675	0.91	6.73	135
45	11	1.64	0	1.63	1	0	0	0.93672	0.91	6.74	135
45	11	1.64	0	1.64	1	0	0	0.93669	0.91	6.74	135
45	11	1.65	0	1.6	1	0	0	0.93733	0.91	6.8	135
45	11	1.65	0	1.61	1	0	0	0.9373	0.91	6.81	135
45	11	1.65	0	1.62	1	0	0	0.93727	0.91	6.82	135
45	11	1.65	0	1.63	1	0	0	0.93725	0.91	6.83	135
45	11	1.66	0	1.61	1	0	0	0.9378	0.91	6.9	135
45	11	1.66	0	1.62	1	0	0	0.93777	0.91	6.91	135
45	11	1.66	0	1.65	1	0	0	0.93769	0.91	6.94	135
45	11	1.66	0	1.66	1	0	0	0.93766	0.91	6.95	135
45	11	1.66	0	1.67	1	0	0	0.93762	0.91	6.96	135
45	11	1.66	0	1.68	1	0	0	0.93759	0.91	6.97	135
45	11	1.66	0	1.69	1	0	0	0.93756	0.91	6.97	135
45	11	1.67	0	1.69	1	0	0	0.93804	0.9	7.07	135
45	11	1.68	0	1.68	1	0	0	0.93854	0.9	7.15	135
45	11	1.68	0	1.69	1	0	0	0.93851	0.9	7.16	135
45	11	1.69	0	1.6	1	0	0	0.93917	0.9	7.17	135
45	11	1.69	0	1.61	1	0	0	0.93915	0.9	7.18	135
45	11	1.69	0	1.62	1	0	0	0.93913	0.9	7.19	135
45	11	1.69	0	1.64	1	0	0	0.93908	0.9	7.21	135
45	11	1.69	0	1.65	1	0	0	0.93906	0.9	7.22	135
45	11	1.69	0	1.66	1	0	0	0.93903	0.9	7.22	135
45	11	1.69	0	1.67	1	0	0	0.939	0.9	7.23	135
45	11	1.69	0	1.68	1	0	0	0.93898	0.9	7.24	135
45	11	1.69	0	1.69	1	0	0	0.93895	0.9	7.25	135

Annexe 13 : Tableaux des résidus

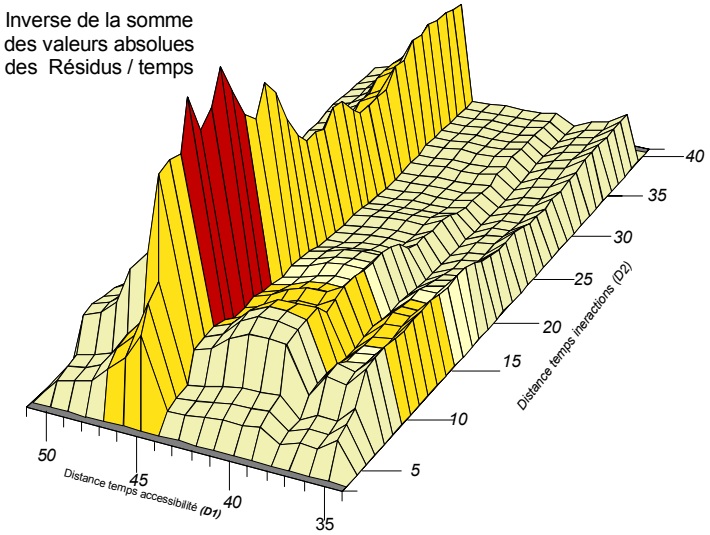
Résidus calculés en fonction des temps de déplacements

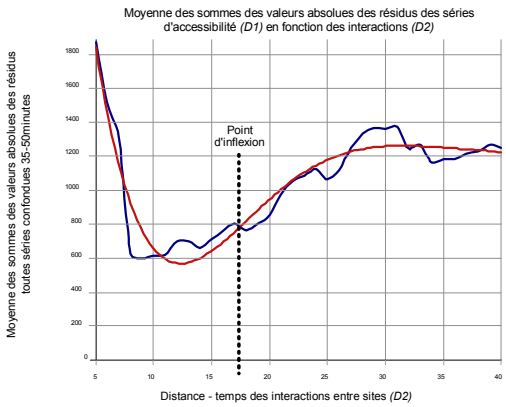
Pour $\alpha = 1.87$, $\beta = 0$, $\gamma = 1.7$ et 100% de contemplatifs (résultats du calibrage)

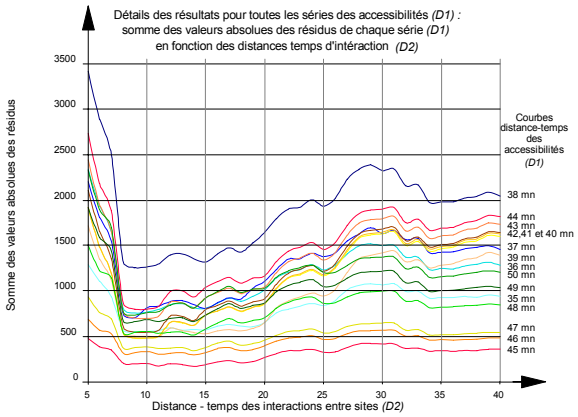
		Distance accessibilité (D2) en minutes															
Distance attraction absolues (D2) en minutes		*35*	*36*	*37*	*38*	*39*	*40*	*41*	*42*	*43*	*44*	*45*	*46*	*47*	*48*	*49*	*50*
	5	*1284*	*2351*	*2211*	*3429*	*1658*	*1859*	*1863*	*2066*	*2408*	*2704*	*460*	*674*	*928*	*1492*	*1908*	*2320*
	6	*1095*	*1925*	*1804*	*2884*	*1293*	*1417*	*1421*	*1600*	*1896*	*2137*	*369*	*550*	*745*	*1201*	*1573*	*1874*
	7	*919*	*1638*	*1540*	*2485*	*1066*	*1138*	*1136*	*1300*	*1611*	*1839*	*338*	*516*	*681*	*1132*	*1429*	*1682*
	8	*552*	*779*	*725*	*1288*	*508*	*493*	*496*	*563*	*724*	*825*	*194*	*307*	*362*	*521*	*650*	*741*
	9	*541*	*738*	*686*	*1231*	*476*	*450*	*454*	*513*	*664*	*765*	*193*	*314*	*366*	*525*	*643*	*714*
	10	*542*	*745*	*802*	*1241*	*473*	*448*	*451*	*507*	*659*	*762*	*197*	*329*	*376*	*543*	*668*	*742*
	11	*550*	*780*	*824*	*1276*	*468*	*469*	*472*	*533*	*689*	*802*	*163*	*295*	*358*	*519*	*645*	*751*
	12	*580*	*837*	*874*	*1377*	*571*	*626*	*626*	*697*	*847*	*969*	*194*	*307*	*361*	*529*	*684*	*826*
	13	*557*	*848*	*887*	*1394*	*536*	*624*	*625*	*692*	*842*	*976*	*185*	*313*	*372*	*530*	*690*	*852*
	14	*568*	*802*	*842*	*1341*	*519*	*598*	*601*	*650*	*787*	*911*	*163*	*287*	*331*	*504*	*647*	*795*
	15	*561*	*794*	*796*	*1299*	*509*	*716*	*720*	*778*	*907*	*1023*	*187*	*314*	*373*	*578*	*725*	*910*
	16	*603*	*855*	*861*	*1397*	*538*	*765*	*768*	*827*	*965*	*1090*	*218*	*363*	*425*	*640*	*798*	*988*
	17	*624*	*912*	*921*	*1466*	*557*	*811*	*813*	*879*	*1017*	*1140*	*232*	*378*	*449*	*696*	*859*	*1049*
	18	*604*	*883*	*906*	*1415*	*541*	*760*	*766*	*821*	*955*	*1073*	*201*	*335*	*399*	*640*	*804*	*979*
	19	*598*	*933*	*1033*	*1524*	*572*	*809*	*814*	*870*	*1009*	*1136*	*220*	*354*	*415*	*674*	*841*	*1018*
	20	*649*	*1015*	*1115*	*1648*	*637*	*849*	*859*	*905*	*1034*	*1161*	*267*	*398*	*455*	*703*	*866*	*1028*
	21	*758*	*1152*	*1247*	*1811*	*804*	*1022*	*1030*	*1074*	*1201*	*1325*	*311*	*451*	*511*	*820*	*998*	*1156*
	22	*802*	*1218*	*1370*	*1918*	*886*	*1147*	*1155*	*1202*	*1326*	*1448*	*344*	*484*	*554*	*885*	*1075*	*1234*
	23	*840*	*1245*	*1374*	*1939*	*932*	*1186*	*1198*	*1244*	*1374*	*1491*	*345*	*496*	*569*	*925*	*1110*	*1267*
	24	*869*	*1303*	*1436*	*2030*	*981*	*1240*	*1251*	*1293*	*1431*	*1550*	*363*	*513*	*590*	*946*	*1141*	*1300*
	25	*845*	*1241*	*1396*	*1949*	*944*	*1175*	*1187*	*1226*	*1350*	*1465*	*327*	*468*	*539*	*873*	*1057*	*1210*
	26	*900*	*1300*	*1439*	*2045*	*1019*	*1261*	*1277*	*1315*	*1438*	*1550*	*334*	*483*	*557*	*881*	*1078*	*1219*
	27	*1026*	*1432*	*1581*	*2271*	*1217*	*1456*	*1476*	*1514*	*1643*	*1751*	*383*	*536*	*617*	*945*	*1156*	*1294*
	28	*1077*	*1525*	*1662*	*2384*	*1371*	*1608*	*1624*	*1657*	*1777*	*1888*	*422*	*569*	*644*	*992*	*1219*	*1373*
	29	*1100*	*1549*	*1734*	*2439*	*1415*	*1648*	*1666*	*1697*	*1817*	*1927*	*426*	*572*	*647*	*1006*	*1229*	*1384*
	30	*1086*	*1528*	*1667*	*2368*	*1442*	*1662*	*1681*	*1717*	*1832*	*1939*	*423*	*576*	*660*	*1015*	*1238*	*1396*
	31	*1100*	*1531*	*1703*	*2389*	*1466*	*1684*	*1705*	*1737*	*1854*	*1957*	*423*	*578*	*657*	*1014*	*1235*	*1392*
	32	*1005*	*1391*	*1594*	*2190*	*1338*	*1523*	*1546*	*1572*	*1683*	*1777*	*370*	*506*	*571*	*897*	*1101*	*1258*
	33	*1012*	*1393*	*1609*	*2201*	*1358*	*1570*	*1594*	*1620*	*1730*	*1822*	*377*	*514*	*577*	*907*	*1110*	*1278*
	34	*925*	*1247*	*1436*	*1996*	*1268*	*1457*	*1479*	*1501*	*1601*	*1686*	*340*	*462*	*517*	*817*	*1003*	*1157*
	35	*940*	*1262*	*1446*	*2004*	*1297*	*1484*	*1507*	*1529*	*1625*	*1708*	*347*	*469*	*520*	*827*	*1013*	*1166*
	36	*934*	*1256*	*1447*	*2002*	*1313*	*1500*	*1525*	*1540*	*1639*	*1722*	*338*	*461*	*524*	*830*	*1016*	*1172*
	37	*950*	*1295*	*1486*	*2046*	*1361*	*1558*	*1584*	*1599*	*1692*	*1775*	*348*	*469*	*533*	*845*	*1036*	*1197*
	38	*937*	*1311*	*1505*	*2072*	*1381*	*1577*	*1604*	*1617*	*1718*	*1806*	*349*	*473*	*537*	*849*	*1051*	*1220*
	39	*966*	*1337*	*1522*	*2118*	*1444*	*1640*	*1665*	*1682*	*1779*	*1861*	*365*	*487*	*551*	*863*	*1064*	*1233*
	40	*949*	*1304*	*1479*	*2070*	*1413*	*1629*	*1655*	*1667*	*1764*	*1845*	*368*	*488*	*545*	*855*	*1046*	*1220*

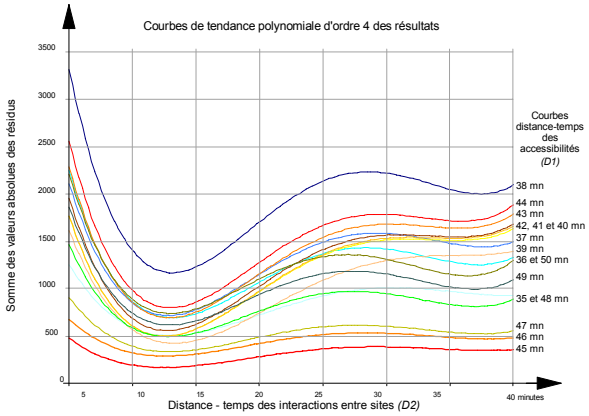
Annexe 14 : Courbes des résultats du calibrage sur les Vosges

Résultats intermédiaires du calibrage du modèle FRED sur le Massif des Hautes Vosges









Annexe 15 : Meilleurs résultats du calibrage sur les Ecrins

accessibilité	*interection*	α	β	γ	*cont*	*prom*	*rand*	*r2*	*a*	*b*	*résidus*
53	*néant*	*0.6*	*néant*	*0*	*0*	*0.79*	*0.21*	*0.94969*	*0.91*	*29.81*	*194*
53	*néant*	*0.59*	*néant*	*0*	*0*	*0.82*	*0.18*	*0.94972*	*0.91*	*29.34*	*195*
53	*néant*	*0.6*	*néant*	*0*	*0*	*0.75*	*0.25*	*0.94543*	*0.91*	*28.06*	*195*
53	*néant*	*0.6*	*néant*	*0*	*0*	*0.77*	*0.23*	*0.94765*	*0.91*	*28.94*	*195*
53	*néant*	*0.6*	*néant*	*0*	*0*	*0.78*	*0.22*	*0.94869*	*0.91*	*29.38*	*195*
53	*néant*	*0.6*	*néant*	*0*	*0*	*0.74*	*0.26*	*0.94425*	*0.91*	*27.62*	*196*
53	*néant*	*0.6*	*néant*	*0*	*0*	*0.76*	*0.24*	*0.94656*	*0.91*	*28.5*	*196*
53	*néant*	*0.6*	*néant*	*0*	*0*	*0.8*	*0.2*	*0.95065*	*0.91*	*30.25*	*196*
53	*néant*	*0.59*	*néant*	*0*	*0*	*0.78*	*0.22*	*0.9457*	*0.91*	*27.61*	*197*
53	*néant*	*0.59*	*néant*	*0*	*0*	*0.79*	*0.21*	*0.94677*	*0.91*	*28.04*	*197*
53	*néant*	*0.59*	*néant*	*0*	*0*	*0.81*	*0.19*	*0.94878*	*0.91*	*28.91*	*197*
53	*néant*	*0.59*	*néant*	*0*	*0*	*0.83*	*0.17*	*0.95063*	*0.91*	*29.77*	*197*
53	*néant*	*0.6*	*néant*	*0*	*0*	*0.73*	*0.27*	*0.94302*	*0.91*	*27.18*	*197*
53	*néant*	*0.6*	*néant*	*0*	*0*	*0.81*	*0.19*	*0.95157*	*0.91*	*30.68*	*197*
53	*néant*	*0.61*	*néant*	*0*	*0*	*0.71*	*0.29*	*0.94358*	*0.91*	*28.02*	*197*
53	*néant*	*0.61*	*néant*	*0*	*0*	*0.72*	*0.28*	*0.94483*	*0.91*	*28.47*	*197*
53	*néant*	*0.61*	*néant*	*0*	*0*	*0.73*	*0.27*	*0.94604*	*0.91*	*28.91*	*197*
53	*néant*	*0.61*	*néant*	*0*	*0*	*0.74*	*0.26*	*0.9472*	*0.91*	*29.36*	*197*
53	*néant*	*0.58*	*néant*	*0*	*0*	*0.83*	*0.17*	*0.94764*	*0.91*	*27.96*	*198*
53	*néant*	*0.59*	*néant*	*0*	*0*	*0.76*	*0.24*	*0.94343*	*0.91*	*26.73*	*198*
53	*néant*	*0.59*	*néant*	*0*	*0*	*0.77*	*0.23*	*0.94459*	*0.91*	*27.17*	*198*
53	*néant*	*0.59*	*néant*	*0*	*0*	*0.8*	*0.2*	*0.94779*	*0.91*	*28.47*	*198*
53	*néant*	*0.6*	*néant*	*0*	*0*	*0.71*	*0.29*	*0.94041*	*0.91*	*26.29*	*198*
53	*néant*	*0.6*	*néant*	*0*	*0*	*0.72*	*0.28*	*0.94174*	*0.91*	*26.73*	*198*
53	*néant*	*0.61*	*néant*	*0*	*0*	*0.7*	*0.3*	*0.94262*	*0.91*	*27.68*	*198*
53	*néant*	*0.61*	*néant*	*0*	*0*	*0.75*	*0.25*	*0.94831*	*0.91*	*29.8*	*198*
53	*néant*	*0.58*	*néant*	*0*	*0*	*0.82*	*0.18*	*0.94667*	*0.91*	*27.53*	*199*
53	*néant*	*0.58*	*néant*	*0*	*0*	*0.84*	*0.16*	*0.94858*	*0.91*	*28.38*	*199*
53	*néant*	*0.58*	*néant*	*0*	*0*	*0.85*	*0.15*	*0.94947*	*0.91*	*28.81*	*199*
53	*néant*	*0.59*	*néant*	*0*	*0*	*0.84*	*0.16*	*0.9515*	*0.91*	*30.19*	*199*
53	*néant*	*0.6*	*néant*	*0*	*0*	*0.7*	*0.3*	*0.9394*	*0.91*	*25.96*	*199*
53	*néant*	*0.6*	*néant*	*0*	*0*	*0.82*	*0.18*	*0.95245*	*0.91*	*31.11*	*199*
53	*néant*	*0.57*	*néant*	*0*	*0*	*0.88*	*0.12*	*0.94894*	*0.91*	*28.23*	*200*
53	*néant*	*0.57*	*néant*	*0*	*0*	*0.89*	*0.11*	*0.94976*	*0.91*	*28.65*	*200*
53	*néant*	*0.57*	*néant*	*0*	*0*	*0.9*	*0.1*	*0.95055*	*0.91*	*29.07*	*200*
53	*néant*	*0.58*	*néant*	*0*	*0*	*0.81*	*0.19*	*0.94566*	*0.91*	*27.1*	*200*
53	*néant*	*0.58*	*néant*	*0*	*0*	*0.86*	*0.14*	*0.95033*	*0.91*	*29.23*	*200*
53	*néant*	*0.58*	*néant*	*0*	*0*	*0.87*	*0.13*	*0.95116*	*0.91*	*29.66*	*200*
53	*néant*	*0.59*	*néant*	*0*	*0*	*0.73*	*0.27*	*0.93967*	*0.91*	*25.42*	*200*
53	*néant*	*0.59*	*néant*	*0*	*0*	*0.75*	*0.25*	*0.94222*	*0.91*	*26.3*	*200*
53	*néant*	*0.59*	*néant*	*0*	*0*	*0.85*	*0.15*	*0.95233*	*0.91*	*30.62*	*200*
53	*néant*	*0.6*	*néant*	*0*	*0*	*0.83*	*0.17*	*0.95329*	*0.91*	*31.54*	*200*
53	*néant*	*0.61*	*néant*	*0*	*0*	*0.76*	*0.24*	*0.94937*	*0.91*	*30.24*	*200*
53	*néant*	*0.57*	*néant*	*0*	*0*	*0.87*	*0.13*	*0.94809*	*0.91*	*27.81*	*201*
53	*néant*	*0.58*	*néant*	*0*	*0*	*0.79*	*0.21*	*0.94351*	*0.91*	*26.24*	*201*
53	*néant*	*0.58*	*néant*	*0*	*0*	*0.8*	*0.2*	*0.9446*	*0.91*	*26.67*	*201*
53	*néant*	*0.58*	*néant*	*0*	*0*	*0.88*	*0.12*	*0.95195*	*0.91*	*30.08*	*201*
53	*néant*	*0.59*	*néant*	*0*	*0*	*0.74*	*0.26*	*0.94097*	*0.91*	*25.86*	*201*
53	*néant*	*0.59*	*néant*	*0*	*0*	*0.86*	*0.14*	*0.95313*	*0.91*	*31.04*	*201*

Annexe 16 : Tableaux coefficients d'autocorrélation spatiale - Vosges

Coefficients d'autocorrélation spatiale des probabilités de fixation sur les sites.

Calculés pour : *t max accessibilité* <45 , $\gamma=1.7$ *et* $\beta=0$ (résultats du calibrage)

		Temps max attraction												
		8	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	*16*	*17*	*18*	*19*	*20*
Elasticité de l'offre spatiale α	*0*	*0.730*	*0.800*	*0.847*	*0.897*	*0.890*	*0.937*	*1.062*	*1.121*	*1.124*	*1.113*	*1.135*	*1.139*	*1.159*
	0.1	*0.832*	*0.886*	*0.911*	*0.944*	*0.929*	*0.975*	*1.078*	*1.136*	*1.136*	*1.127*	*1.143*	*1.144*	*1.167*
	0.2	*0.917*	*0.950*	*0.952*	*0.971*	*0.949*	*0.992*	*1.071*	*1.124*	*1.121*	*1.113*	*1.124*	*1.121*	*1.146*
	0.3	*0.993*	*1.005*	*0.986*	*0.993*	*0.965*	*1.005*	*1.063*	*1.111*	*1.103*	*1.096*	*1.101*	*1.095*	*1.121*
	0.4	*1.063*	*1.056*	*1.019*	*1.018*	*0.983*	*1.021*	*1.061*	*1.105*	*1.092*	*1.084*	*1.084*	*1.075*	*1.101*
	0.5	*1.131*	*1.106*	*1.053*	*1.045*	*1.005*	*1.042*	*1.067*	*1.107*	*1.089*	*1.078*	*1.074*	*1.062*	*1.087*
	0.6	*1.195*	*1.155*	*1.089*	*1.075*	*1.030*	*1.066*	*1.079*	*1.115*	*1.091*	*1.078*	*1.070*	*1.056*	*1.079*
	0.7	*1.257*	*1.203*	*1.125*	*1.106*	*1.057*	*1.092*	*1.095*	*1.128*	*1.099*	*1.083*	*1.072*	*1.055*	*1.076*
	0.8	*1.315*	*1.250*	*1.161*	*1.138*	*1.085*	*1.119*	*1.113*	*1.144*	*1.109*	*1.091*	*1.077*	*1.058*	*1.077*
	0.9	*1.370*	*1.295*	*1.196*	*1.169*	*1.112*	*1.147*	*1.134*	*1.163*	*1.122*	*1.101*	*1.085*	*1.064*	*1.080*
	1	*1.421*	*1.338*	*1.230*	*1.199*	*1.139*	*1.175*	*1.155*	*1.182*	*1.137*	*1.113*	*1.095*	*1.071*	*1.085*
	1.1	*1.469*	*1.378*	*1.263*	*1.227*	*1.165*	*1.201*	*1.176*	*1.202*	*1.152*	*1.126*	*1.106*	*1.080*	*1.091*
	1.2	*1.514*	*1.416*	*1.294*	*1.254*	*1.190*	*1.227*	*1.197*	*1.221*	*1.168*	*1.139*	*1.118*	*1.090*	*1.098*
	1.3	*1.555*	*1.452*	*1.323*	*1.279*	*1.213*	*1.251*	*1.218*	*1.240*	*1.183*	*1.152*	*1.130*	*1.100*	*1.106*
	1.4	*1.593*	*1.485*	*1.350*	*1.302*	*1.234*	*1.273*	*1.237*	*1.259*	*1.199*	*1.166*	*1.142*	*1.110*	*1.114*
	1.5	*1.628*	*1.516*	*1.376*	*1.323*	*1.254*	*1.294*	*1.256*	*1.276*	*1.213*	*1.179*	*1.153*	*1.120*	*1.122*
	1.6	*1.660*	*1.545*	*1.399*	*1.343*	*1.273*	*1.314*	*1.274*	*1.293*	*1.228*	*1.192*	*1.165*	*1.129*	*1.130*
	1.7	*1.690*	*1.572*	*1.422*	*1.361*	*1.290*	*1.332*	*1.291*	*1.309*	*1.242*	*1.204*	*1.176*	*1.139*	*1.138*
	1.8	*1.717*	*1.597*	*1.443*	*1.378*	*1.306*	*1.350*	*1.307*	*1.324*	*1.256*	*1.216*	*1.188*	*1.148*	*1.146*
	1.9	*1.742*	*1.621*	*1.463*	*1.393*	*1.321*	*1.366*	*1.322*	*1.338*	*1.269*	*1.228*	*1.198*	*1.157*	*1.153*
	2	*1.766*	*1.643*	*1.481*	*1.407*	*1.335*	*1.381*	*1.337*	*1.352*	*1.282*	*1.240*	*1.209*	*1.166*	*1.161*
	2.1	*1.787*	*1.664*	*1.499*	*1.420*	*1.349*	*1.395*	*1.351*	*1.365*	*1.295*	*1.252*	*1.219*	*1.175*	*1.169*
	2.2	*1.808*	*1.684*	*1.517*	*1.432*	*1.362*	*1.408*	*1.364*	*1.377*	*1.307*	*1.263*	*1.229*	*1.183*	*1.177*
	2.3	*1.827*	*1.703*	*1.533*	*1.444*	*1.374*	*1.421*	*1.378*	*1.389*	*1.320*	*1.275*	*1.239*	*1.191*	*1.185*
	2.4	*1.845*	*1.721*	*1.549*	*1.455*	*1.386*	*1.433*	*1.391*	*1.401*	*1.332*	*1.286*	*1.249*	*1.199*	*1.193*
	2.5	*1.862*	*1.739*	*1.565*	*1.465*	*1.397*	*1.445*	*1.403*	*1.413*	*1.345*	*1.297*	*1.258*	*1.207*	*1.201*
	2.6	*1.879*	*1.756*	*1.580*	*1.475*	*1.408*	*1.457*	*1.416*	*1.424*	*1.357*	*1.308*	*1.268*	*1.215*	*1.209*
	2.7	*1.894*	*1.773*	*1.596*	*1.484*	*1.419*	*1.468*	*1.428*	*1.435*	*1.369*	*1.320*	*1.277*	*1.223*	*1.217*
	2.8	*1.910*	*1.789*	*1.610*	*1.493*	*1.429*	*1.479*	*1.440*	*1.446*	*1.382*	*1.331*	*1.287*	*1.231*	*1.225*
	2.9	*1.924*	*1.805*	*1.625*	*1.502*	*1.440*	*1.489*	*1.452*	*1.457*	*1.394*	*1.342*	*1.296*	*1.238*	*1.233*

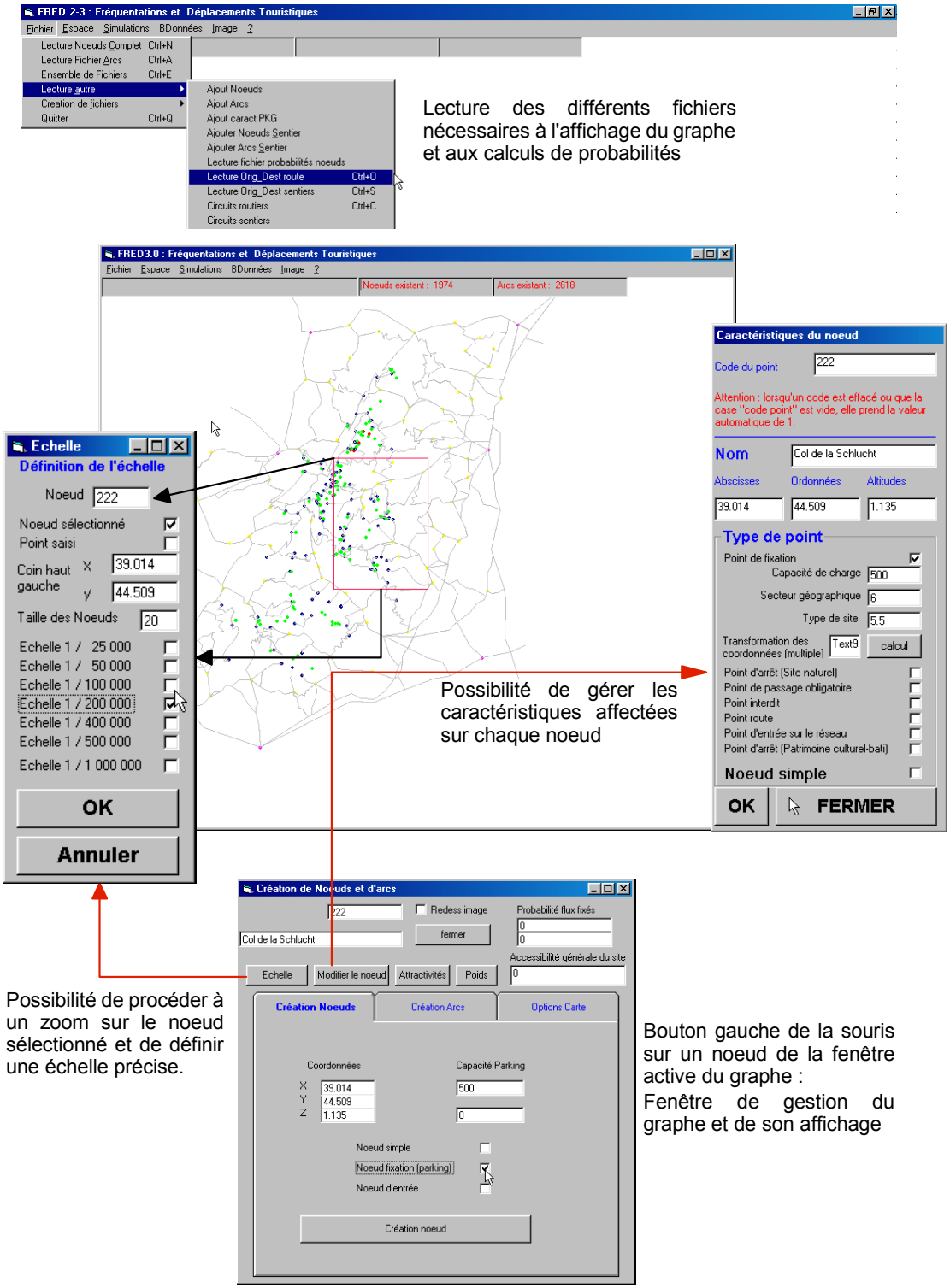
Coefficients d'autocorrélation spatiales des "offres spatiales" sur les sites

Calculés avec $\beta=0$

		Temps max attraction												
		8	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	*16*	*17*	*18*	*19*	*20*
Elasticité de l'offre spatiale α	*0*	*0.000*	*0.000*	*0.000*	*0.000*	*0.000*	*0.000*	*0.000*	*0.000*	*0.000*	*0.000*	*0.000*	*0.000*	*0.000*
	0.1	*0.323*	*0.324*	*0.325*	*0.331*	*0.329*	*0.364*	*0.402*	*0.430*	*0.439*	*0.446*	*0.451*	*0.454*	*0.470*
	0.2	*0.372*	*0.370*	*0.369*	*0.374*	*0.371*	*0.407*	*0.447*	*0.476*	*0.484*	*0.491*	*0.495*	*0.496*	*0.513*
	0.3	*0.425*	*0.421*	*0.416*	*0.419*	*0.417*	*0.454*	*0.495*	*0.524*	*0.532*	*0.539*	*0.541*	*0.540*	*0.559*
	0.4	*0.482*	*0.475*	*0.466*	*0.467*	*0.465*	*0.502*	*0.546*	*0.575*	*0.582*	*0.589*	*0.589*	*0.587*	*0.606*
	0.5	*0.542*	*0.531*	*0.518*	*0.516*	*0.516*	*0.553*	*0.599*	*0.627*	*0.634*	*0.641*	*0.638*	*0.634*	*0.654*
	0.6	*0.605*	*0.590*	*0.573*	*0.566*	*0.567*	*0.604*	*0.653*	*0.680*	*0.687*	*0.694*	*0.687*	*0.681*	*0.703*
	0.7	*0.671*	*0.651*	*0.629*	*0.618*	*0.619*	*0.657*	*0.708*	*0.734*	*0.741*	*0.746*	*0.737*	*0.728*	*0.751*
	0.8	*0.738*	*0.714*	*0.686*	*0.669*	*0.672*	*0.710*	*0.763*	*0.787*	*0.794*	*0.798*	*0.785*	*0.774*	*0.798*
	0.9	*0.806*	*0.778*	*0.744*	*0.721*	*0.725*	*0.762*	*0.818*	*0.840*	*0.847*	*0.850*	*0.833*	*0.819*	*0.844*
	1	*0.874*	*0.843*	*0.803*	*0.772*	*0.777*	*0.814*	*0.872*	*0.892*	*0.900*	*0.901*	*0.880*	*0.863*	*0.889*
	1.1	*0.943*	*0.908*	*0.862*	*0.823*	*0.830*	*0.866*	*0.926*	*0.943*	*0.952*	*0.950*	*0.925*	*0.905*	*0.932*
	1.2	*1.013*	*0.974*	*0.922*	*0.873*	*0.881*	*0.917*	*0.980*	*0.993*	*1.003*	*0.999*	*0.969*	*0.946*	*0.974*
	1.3	*1.082*	*1.040*	*0.982*	*0.923*	*0.932*	*0.968*	*1.032*	*1.042*	*1.053*	*1.046*	*1.011*	*0.985*	*1.014*
	1.4	*1.150*	*1.106*	*1.042*	*0.972*	*0.983*	*1.018*	*1.084*	*1.090*	*1.102*	*1.092*	*1.053*	*1.023*	*1.053*
	1.5	*1.219*	*1.172*	*1.102*	*1.020*	*1.033*	*1.067*	*1.134*	*1.138*	*1.151*	*1.137*	*1.093*	*1.060*	*1.090*
	1.6	*1.286*	*1.237*	*1.162*	*1.068*	*1.082*	*1.115*	*1.184*	*1.184*	*1.199*	*1.181*	*1.132*	*1.095*	*1.127*
	1.7	*1.353*	*1.303*	*1.222*	*1.115*	*1.131*	*1.163*	*1.233*	*1.230*	*1.246*	*1.225*	*1.170*	*1.129*	*1.162*
	1.8	*1.419*	*1.368*	*1.282*	*1.162*	*1.179*	*1.210*	*1.281*	*1.275*	*1.293*	*1.267*	*1.207*	*1.163*	*1.196*
	1.9	*1.485*	*1.433*	*1.341*	*1.208*	*1.226*	*1.256*	*1.329*	*1.319*	*1.338*	*1.308*	*1.243*	*1.195*	*1.229*
	2	*1.549*	*1.497*	*1.400*	*1.253*	*1.272*	*1.302*	*1.375*	*1.362*	*1.384*	*1.349*	*1.279*	*1.227*	*1.262*
	2.1	*1.612*	*1.560*	*1.459*	*1.298*	*1.318*	*1.347*	*1.421*	*1.405*	*1.428*	*1.389*	*1.314*	*1.257*	*1.293*
	2.2	*1.675*	*1.623*	*1.516*	*1.342*	*1.363*	*1.391*	*1.466*	*1.447*	*1.472*	*1.428*	*1.348*	*1.287*	*1.324*
	2.3	*1.736*	*1.685*	*1.573*	*1.385*	*1.408*	*1.434*	*1.510*	*1.488*	*1.515*	*1.467*	*1.381*	*1.317*	*1.354*
	2.4	*1.796*	*1.746*	*1.629*	*1.427*	*1.451*	*1.476*	*1.552*	*1.528*	*1.557*	*1.504*	*1.413*	*1.345*	*1.384*
	2.5	*1.854*	*1.805*	*1.684*	*1.469*	*1.494*	*1.517*	*1.594*	*1.568*	*1.599*	*1.541*	*1.445*	*1.373*	*1.412*
	2.6	*1.912*	*1.863*	*1.738*	*1.509*	*1.535*	*1.558*	*1.635*	*1.606*	*1.639*	*1.577*	*1.476*	*1.400*	*1.440*
	2.7	*1.967*	*1.920*	*1.791*	*1.549*	*1.576*	*1.597*	*1.675*	*1.644*	*1.679*	*1.612*	*1.506*	*1.427*	*1.468*
	2.8	*2.021*	*1.976*	*1.842*	*1.588*	*1.616*	*1.635*	*1.714*	*1.681*	*1.718*	*1.646*	*1.536*	*1.452*	*1.494*
	2.9	*2.074*	*2.030*	*1.893*	*1.625*	*1.654*	*1.672*	*1.751*	*1.716*	*1.755*	*1.679*	*1.565*	*1.477*	*1.520*

Annexe 17 Présentation du Logiciel FRED

Fonctionnalité de la gestion d'un graphe



Fonctionnalité de la gestion d'un graphe

Graphe Primal aprés digitalisation des noeuds, des arcs et de leurs caractéristiques

Bouton droit de la souris sur un noeud ou un arc :

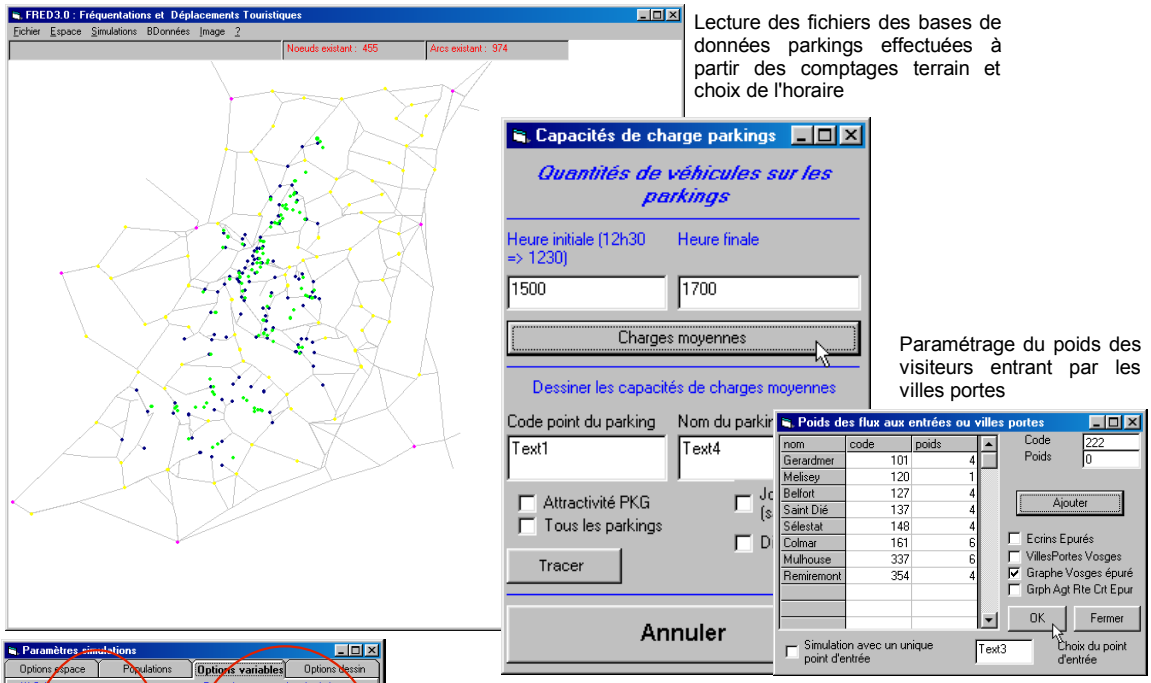
Affectation d'une vitesse moyenne pour chaque arc, en fonction d'un mode route (typologie reprise de NOD)

Afin d'optimiser les calculs ultérieurs (recherche des chemins minimaux, probabilités...) dépendant du nombre de noeuds et d'arcs que comptent le graphe, il est nécessaire d'épurer le graphe en le simplifiant. Opération qui consiste à créer un graphe dual qui ne prenne en compte que les noeuds "remarquables" du graphe primal (carrefour, parkings, villes, bourgs, village), les arcs duals reliant ces noeuds remarquables sont obtenus en sommant les arcs du graphe primals qui composent le chemin entre ces noeuds remarquables.

Calcul des chemins minimaux de tous noeuds à tous noeud du graphe.
Possibilité de faire le calcul pour le graphe primal et dual.

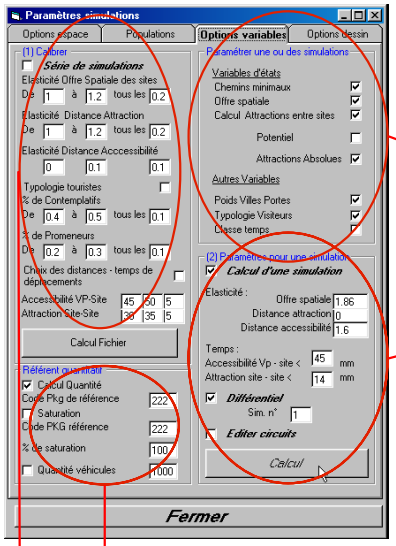
Exportation ou ecritures des données obtenues (fichiers noeuds et arcs du graphe dual épuré, origine destination des chemins minimaux) sous un format de fichier texte

Calculs des simulations à partir du graphe dual



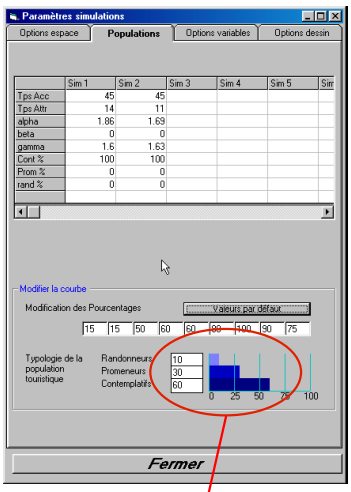
Lecture des fichiers des bases de données parkings effectuées à partir des comptages terrain et choix de l'horaire

Paramétrage du poids des visiteurs entrant par les villes portes



Choix des variables d'état du modèle et des conditions générales des calculs de simulation.

Choix des pramètres de calculs pour une simulation.

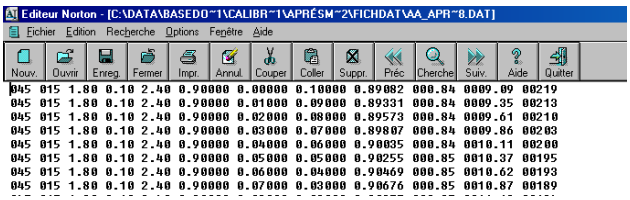


Choix du parking de référence qui va servir pour le calcul de la quantité totale de visiteurs sur le graphe
Ou bien entrée directe d'une quantité du nombre de visiteurs

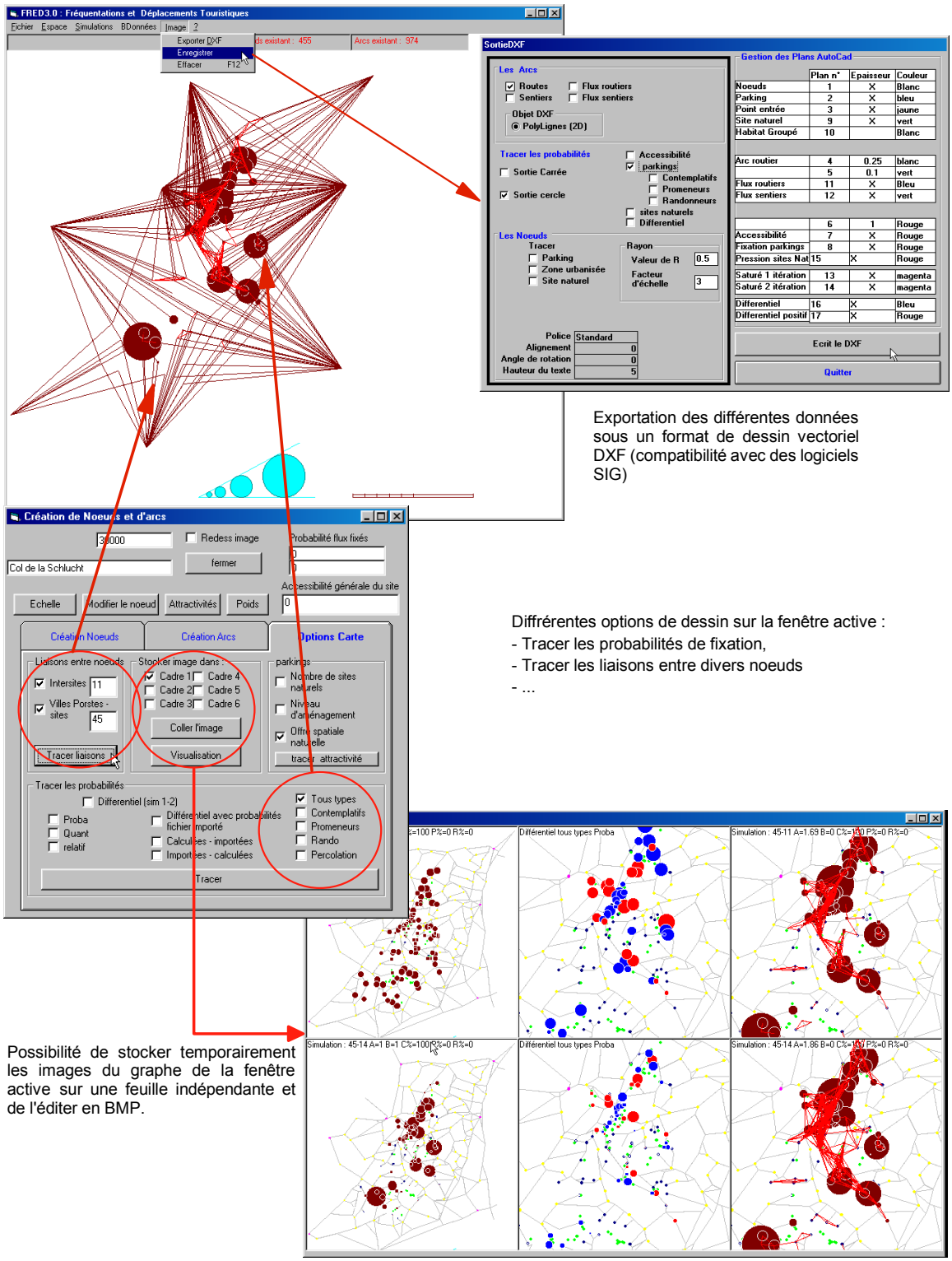
Détermination de la typologie des visiteurs pour le calcul de la simulation.

Calculs de calibrage :
Paramètrage des inputs pour le calcul d'une série de simulations de probabilités de fixation sur les parkings.

Ecriture sur un fichier texte des indicateurs statistiques (coefficient de régression, somme des résidus...) entre valeurs observées et valeurs simulées.



Gestion de la sortie cartographique du graphe

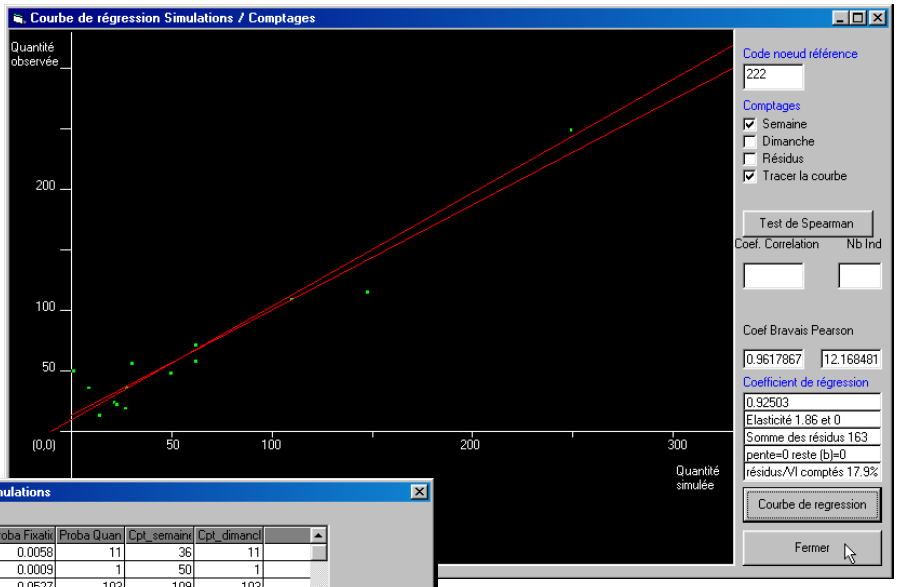


Exportation des différentes données sous un format de dessin vectoriel DXF (compatibilité avec des logiciels SIG)

Diffrérentes options de dessin sur la fenêtre active :
- Tracer les probabilités de fixation,
- Tracer les liaisons entre divers noeuds
- ...

Possibilité de stocker temporairement les images du graphe de la fenêtre active sur une feuille indépendante et de l'éditer en BMP.

Visualisation des résultats et des principaux indicateurs statistiques d'une simulation



Possibilité de visualiser les principaux indicateurs statistiques d'une simulation

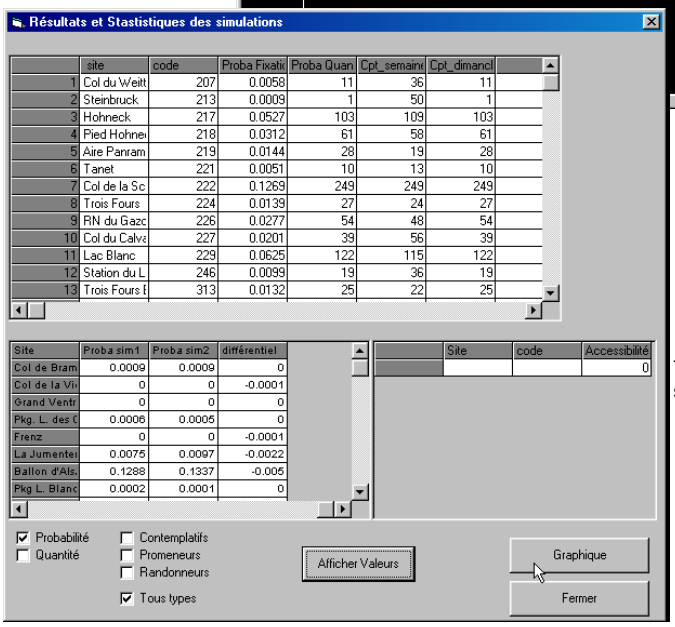
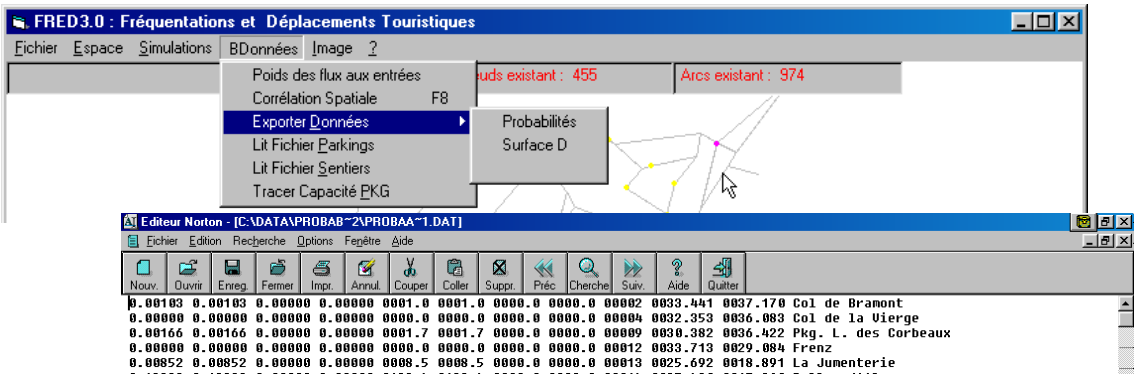


Tableau récapitulatif des résultats obtenus de la simulation

Possibilité d'exporter les résultats d'une simulation (format texte) pour les traiter sous tableur



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Cette liste d'ouvrages comprend les références bibliographiques (liste des documents cités dans le texte) et la bibliographie proprement dite (ouvrages non cités dans le texte) classées selon l'ordre alphabétique des auteurs.

A.F.C.E.T., 1977. – " Modélisation et maîtrise des systèmes : techniques, économiques, sociaux ". - *in* actes du congrées de l'A.F.C.E.T, Tome 2. - Editions Hommes et Techniques.- 680 p.

ABRIC (J.P.), 1994 - Pratiques sociales et représentations- PUF. 251p.

ALLEN (P. M.). 1993. – " Modèles évolutifs des systèmes humains ", p. 247-270 in : Temporalités Urbaines / coordonné par Bernard Lepetit, Denise Pumain. - Paris : Anthropos – Economica. - 316 p. - (Villes.)

Aménagement du territoire et environnement, 1992. - Revue d'Economie Régionale et Urbaine, n° 3. - pp 306 - 507.

Aménagement et environnement, 1994. - Revue d'Economie Régionale et Urbaine, n° 4. - pp 517 - 705.

ANDRE (P.), DELISLE (C.E.), et *al.*, 1999. - L'évaluation des impacts sur l'environnement, processus, acteurs, pratique. - Canada, Presses Internationales Polytechnique. 416 p.

ANDREOTTI (G.), 1999. - "A la recherche d'un tourisme perdu". - Géographie et culture, n° 22. - pp 103-120.

ANDREWS (J.), BALLION (R.), et al., 1986. - "Milieux naturels : illustration de quelques réussites". - Paris : CNRS. - 252 p.

ARNOLD (P.), PEETERS (D.), 1995. - "Sensibilité du modèle de la p-médiane au comportement spatial de l'usager". - L'espace géographique, tome 24, n° 1. - pp 25-35.

ASCHAN-LEYGONIE (C.), 2000. - "Vers une analyse de la résilience des systèmes spatiaux". - L'espace géographique, n°1, 2000. - pp 64-77.

ASCHER (F.), BRAMS (L.), DELAMARRE (A.), LOINGER (G.), ROCHEFORT (M.), de ROMEFORT (A.), THEYS (J.), WACHTER (S.). 1993. - Les territoires du futur. - Paris : DATAR/Editions de l'Aube. - 182 p.

AURAY (J.-P.), MATHIS (Ph.), 1994. - "Analyse spatiale et théorie des graphes". - pp 81-88. - *in* Encyclopédie d'économie spatiale : concepts, comportements, organisations. - Sous la direction Auray J.P., Bailly A., Derycke P.H., Huriot J.M. - Paris, Economica. – 427 p.

BAILLY (A.), 1974. - "La perception des paysages urbains, essai méthodologique". - Espace Géographique, tome III, n°3. - pp 211 - 217.

BAILLY (A.), 1985. - "Distances et espace. Vingt ans de géographie des représentation". - L'espace géographique, Tome XIV n°3. - pp 197-205.

BAILLY (A.), 1990. - "Les représentations de la distance et de l'espace, mythes et constructions mentales". - Revue d'Economie Régionale et Urbaine, n° 2/1990. – pp 265-270.

BAILLY (A.), 1994. - "Les représentations de l'espace, une approche cognitive". - pp 13-17. - *in* Encyclopédie d'économie spatiale : concepts, comportements, organisations. - Sous la direction Auray J.P., Bailly A., Derycke P.H., Huriot J.M. - Paris, Economica. - 427p.

BAILLY (A.), et *al*., 1998. - *Les concepts de la géographie humaine.* - Paris, Armand Colin. - 333p.

BAILLY (A.). 1994. – "Territoires et territorialités", p. 275-279 in : Encyclopédie d'économie spatiale : concepts, comportements, organisations / sous la direction de Jean-Paul Auray, Antoine Bailly, Pierre-Henri Derycke, Jean-Marie Huriot. - Paris : Economica. - 427 p. - (Bibliothèque de Science Régionale.)

BAPTISTE Hervé, 1999 – *Interactions entre le système de transport et les systèmes de villes, perspective historique pour une modélisation dynamique spatialisée*. – 423 p dactyl.. – Thèse Aménagement de l'espace et urbanisme : Université de Tours (CESA).

BAXTER (M.), 1983. - "Estimation and inference in spatial interaction models". - Progress in Human Geography, Vol. 7, n° 1. - pp 40 - 55.

BAXTER (M.), EWING (G 1981. – "Models of recreation trip distribution". - Regional Studies, Great Britain, Vol. 15, n°5. - pp 327 - 344.

BEAUCHARD (J.), 1996. - "De la territorialité urbaine à l'urbanité des territoires". – pp 5-18. - *in* La ville-pays, vers une alternative à la métropolisation. - Sous la direction de J. Beauchard - Poitiers, IAAT édition de l'Aube. – 125 p.

BEAUCHARD (J.), 1999. – *La bataille du territoire. Mutation spatiale et aménagement du territoire* – Paris : L'Harmattan. - 143 p.

BEGUIN (H.), 1988. - "La géographie économique". – pp 164-174. - *in* Les

concepts de la géographie humaine. – Sous la direction Bailly A. – City, Armand Colin. – 333 p. - (Géographie.)

BEGUIN (H.), 1990. – "La distance chez Christaller".- Revue d'Economie Régionale et Urbaine, n° 2/1990. – pp 271-280.

BEGUIN (H.), THOMAS (I.), 1997. - "Morphologie du réseau de communication et localisations optimales d'activités : quelle mesure pour exprimer la forme d'un réseau ?". - Cybergéo (http//www.cybergeo.presse.fr), n° 26.- pp 1 - 9.

BENNETT (R.J.), CHORLEY (R.J.), 1978. - *Environmental systems. Philosophy, Analys and Control*. - London : Methuen and CO LTD London. - 624p.

BERGE (C.), 1983. - *Graphes*. - Paris : Bordas, 3e édition. - 400 p.

BERGE (C.), 1987. - *Hypergraphes : combinatoires des ensembles finis*. - Paris : Bordas. - 240 p.

BERTALANFLY von (L.), 1968.- *Théorie générale des systèmes : physique, biologie, psychologie, sociologie, philosophie*.- Traduction Chabrol J.B. - Paris : Dunod.-296p.

BERTRAND (G.), 1975. - "Pour une histoire écologique de la France rural". - pp 33-112. - *in* Histoire de la France rural. - Sous la direction de DUBY G. et WALLON A. - Paris : Editions du Seuil, Tome 1. - 620p.

BIEBER (A.), MASSOT (M.), ORFEUIL (J.P.). 1993. – "Prospective de la mobilité quotidienne", p. 157-184 in : Circuler demain / sous la direction d'Alain Bonnafous, François Plassard, Bénédicte Vulin. - Paris : D.A.T.A.R./Editions de l'aube. - 191 p.

BIEBER (A.), ORFEUIL (J.P.). 1993. – "La mobilité quotidienne et sa régulation : quelques comparaisons internationales". - Les Annales de la Recherche Urbaine, n°59-60, juin-septembre 1993, p. 126-139.

BONABEAU (E.) ,THERAULAZ (G.), 2000. - " L'intelligence en essaim ". - Pour la science, n° 271. - pp 66- 73.

BOURGET (M.), VICTOR (F.), THOMATIS (J.), MALFAIT (J.J.), PERON (P.), 1994. – "La fréquentation touristique du Parc National des Pyrénées". - Documents scientifiques du parc national des Pyrénées. - 137 p.

BOUSQUET (F.), GAUTIER (D.), 1999. - "Comparaison de deux approches de modélisation des dynamiques spatiales par simulation multi - agents : les approches spatiales et acteurs". - Cybergéo (http//www.cybergeo.presse.fr), articles n°89. - 14 p.

BOYER (M.), 1997. – "Le tourisme, une épistémologie spécifique en quête de paragdimes." – Loisir et société, vol. 20, n°2,1997. – pp 455-477.

British Trust for Conservation Volunteers. - "*Footpaths; a pratical handbook*"- 1983.

BRUNET (R.), 1974. - "*Espace, perception et comportement*". - Espace Géographique, tome III, n°3. - pp 189-204.

BRUNET (R.), 1980. - "La composition des modèles dans l'analyse spatiale". - L'espace géographique, Tome IX, n°4. - pp 253 - 265.

BRUNET (R.), 1994. - *La France un territoire à ménager*. - Paris : Edition n°1. - 326 p.

BRUNET (R.), DOLLFUS (O.). 1990. – "La distance et la gravitation", p. 78-90 in : Géographie Universelle : Mondes Nouveaux / sous la direction de Roger BRUNET. - Paris : Hachette/RECLUS. - 551 p.

BURA (S.), GUERIN-PACE (F.), MATHIAN (H.), PUMAIN (D.), SANDERS (L.). – "SIMPOP : a multi-agents system for the study of urbanism". - Environment and Planning B : Planning and Design, vol.24, n°2, mars 1997, p. 287-305.

CACERES (B.), 1973. - *Loisirs et travail : du moyen age à nos jours*. - Paris : Edition du Seuil. - 253 p.

CAMAGNI (R.), 1992. - *Principes et modèles de l'économie urbaine*. -Traduit de l'Italien par Chiappone F. - Paris : Economica. - 382 p.

CAUQUELIN (A.), 2000. - *L'invention du paysage*. - Paris : Quadrige / P.U.F. - 181 p.

CAUVIN (C.), 1994. – "La perception des distances en milieu urbain". - Travaux et recherches, fascicule 3, ERA 214, Dynamiques des espaces géographiques. – Strasbourg, CNRS. - 123p.

CAUVIN (C.), 1994. – "Accessibilité de système et accessibilité locale". - Flux, n°16, avril-juin p. 39-49.

CAUVIN (C.), MARTIN (J.P.), REYMOND (H.), 1993. - « Une accessibilité renouvelée », p. 93-127 in : Circuler demain / sous la direction de A. Bonnafous, F. Plassard, B. Vulin. - Paris : D.A.T.A.R./Editions de l'aube. - 191 p.

CAZES (G.), 1992. – " Les exigences de la prospectives touristique : une réflexion difficile mais indispensable ". - *in* Rapport du 42ième congrès de l'AIEST. - Editions AIEST, vol 34. – 149 p.

CAZES (G.), 1992. - "Le tourisme dans le monde". - pp 839-850. - *in* Encyclopédie de géographie. - Sous la direction de Bailly A., Ferras F., Pumain D. - Paris : Economica. - 1132 p.

CAZES (G.), 1992. - *Fondements pour une géographie du tourisme et des loisirs*.

- Rosny : Bréal. - 189 p. - (Amphi géographie.)

CAZES (G.), KNAFOU (R.), 1995. - "Le tourisme". – pp 827-844. - *in* Encyclopédie de géographie. - Sous la direction de Bailly A., Ferras R. et Pumain D. – Paris : Economica, deuxième édition. - 1167 p.

CHAMBOREDON (J.-C.), 1985. - "Nouvelles formes de l'opposition ville campagne". - pp 557-573. - *in* Histoire de la France urbaine. - Sous la direction de Duby G. - Paris : Seuil. – 668 p.

CHAPELON (L.), 1997. – *Offre de transport et aménagement du territoire, évaluation spatio-temporelle des projets de modification de l'offre par modélisation multi-echelles des systèmes de transport*. – 558 p dactyl.. – Thèse Aménagement de l'espace et urbanisme : Université de Tours (CESA).

CHAPELON (L.), L'HOSTIS (A.), MATHIS (P.), 1996. - Transport et espace : l'interaction des échelles spatiales et temporelles. - Communication aux journées du Programme Environnement, Vie et Sociétés : « Tendances nouvelles en modélisation pour l'environnement », Paris, C.N.R.S., 15-17 janvier 1996. - Tours : Laboratoire du C.E.S.A. - 13 p.

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.

Charte du Parc Naturel Régional des Ballons des Vosges, 1997. - PNR des Ballons des Vosges.

CHASSERY (J.-M.), MONTANVERT (A.), 1991. - *Géométrie discrète en analyse d'images*. - Paris : Hermes. - 358 p. - (coll. Traité des Nouvelles Technologies.)

CHERY (D.), 1993. - *Le tourisme dans l'espace Français*. - Paris : Masson. - 358 p.- (Géographie.)

CHEVALIER (J.-J.), DAUDELIN (S.), 1996. - "La géomatique pour l'aide à la décision en gestion des ressources naturelles : exemple de la protection des paysages forestiers". - Revue Internationale de Géomatique, Vol. 6, n° 1. - pp 11-25.

CICÉRI (M.-F.), MARCHAND (B.), RIMBERT (S.), 1977. - *Introduction à l'analyse spatiale.* - Paris : Masson. - 173 p. - (Collection de géographie applicable.)

Circuler demain / sous la direction d'A. Bonnafous, F. Plassard, B. Vulin. - Paris : D.A.T.A.R./Editions de l'aube, 1993. - 191 p.

CLAEYS-MEKDADE (C.), GENIAUX (G.), LUCHINI (S.), 1999. - " Approche critique et mise en oeuvre de la méthode d'évaluation contingente :

un dialogue entre économiste et sociologue ". - Natures sciences sociétés, Vol. 7, n° 2. - pp 35 - 47.

CLAVAL (P.), 1972. - "La Géographie et la perception de l'espace ». – L'espace Géographique, n°3, 1974. – pp 179-187.

CLAVAL (P.), 1972. - "L'analyse régionale". - Revue Géographique de l'Est, France, tome XII, n°1. - pp 89-126.

COMMISSARIAT GENERAL DU PLAN, 1991.- *Les espaces naturels - Un capital pour l'avenir*. - Rapport du groupe présidé par H. JOUVE. - Xième Plan 1989 - 1992.- Paris : La Documentation Française. - 352 p.

CONSEIL DE L'EUROPE, 1993. – « Tourisme de montagne et rôle des parcs naturels régionaux ». – *in* Troisième colloque paneuropéen sur le tourisme et l'environnement, Sofia, 5 - 6 octobre 1993. - Les éditions du Conseil de l'Europe. - 65 p.

COOPER (C.P.), 1981. - "Spatial and temporal patterns of tourist behaviour". - Regional Studies, Great Britain, Vol. 15, n°5. - pp 359 - 371.

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

DAUPHINE (A.), 1976. - *Espace région et système*. – Paris : Economica,. – 167 p. – (Géographica-1.)

DAUPHINE (A.), 1987. - *Les modèles de simulation en géographie*. – Paris : Economica. - 187 p. – (Géographia-6.)

DAUPHINE (A.), 1995. - *Chaos, fractales et dynamiques en géographie*. – Montpellier : Reclus. – 135 p. - (Espaces modes d'emploi.)

DE SEDE (M.-H.), THERIAULT (M.), 1995. - "La représentation systémique du territoire : un concept structurant pour les SIRS institutionnels". - Revue Internationale de Géomatique, vol 6, n° 1. - pp 26-50.

DECOUPIGNY (F.), 1997.- *Etude fréquentation Hautes Vosges*. - Tours : Laboratoire du C.E.S.A., Parc Naturel Régional des Ballons des Vosges. – 70 p.

DECOUPIGNY (F.), 1997.- *Méthodologie d'évaluation des déplacements touristiques, vers un outil de suivi : l'observatoire*. Tours : Laboratoire du C.E.S.A., Fédération des Parcs Naturels Régionaux de France. – 39 p

DELATTRE (P.), 1971.- *Système, structure, fonction, évolution. Essai d'analyse épistémologique*.- Paris : Maloine-Doin éditeurs. - 184 p. - (coll. Recherches Interdisciplinaires.)

DEPREST (F.), 1997. - *Enquête sur le tourisme de masse : L'écologie face au*

territoire. - Paris : Belin. - 207 p. - (Mappemonde.)

Développement touristique et protection des deltas, 1992. – *in* Actes du 2e colloque paneuropéen sur le tourisme et l'environnement, Bucarest, 15 - 16 septembre 1992. - Conseil de l'Europe. - 137 p.

DEWAILLY (J.-M.) ,FLAMANT (E.), 1993. - *Géographie du tourisme et des loisirs*. - Paris : SEDES. - 287 p.

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

DEWAILLY (J.-M.), 1992. - "Les citadins et les loisirs de nature". – pp 30-32. - *in* Tourisme et environnement, Ministère de l'Environnement, Ministère du Tourisme. - Paris : La Documentation Française. – 270 p.

DEWAILLY (J.-M.), 1997. - " L'espace récréatif : du réel au virtuel ?". - L'espace géographique, n°3, 1997. - pp 205-213.

Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement, 1988. - Sous la direction de Merlin P., Choay F. - Paris : P.U.F. - 723 p.

DIENOT (J.), 1983. - "L'approche géographique du loisir quotidien". - Norois, n° 120. - pp 491-496.

DIENOT (J.), THELLIER (D.), 1992. - "les nouvelles pratiques sportives de la montagne : un champ nouveau pour le tourisme de pleine nature". – pp 38-47. - *in* Tourisme et environnement, Ministère de l'environnement, Ministère du tourisme. – Paris : La documentation Française. -270 p.

DONNAT (O.), 1998. - *Les pratiques culturelles des Français, enquête 1997*. - Paris : La documentation Française. - 359 p.

DOSSIER D'EXPERT, 1993. - *Analyse méthodologique d'un projet d'aménagement*. - La lettre du Cadre territorial. – 77 p. – (collection Dossier d'Expert.)

DOUGLAS (A.), JOHNSON (R.), 1992. - "Congestion and recreation site demand : a model of demand - induced quality effects". - Journal of Environmental Management, USA, n°36. - pp 201-213.

Droit et Pratique, 1994. - *In* Premières rencontres Paysages reflets de la société. – Tours, 4 novembre 1994,CESA. – 72 p

DUMOLARD (P.), 1981. - *L'espace différencié*. - Paris : Economica. - 201 p. - (Géographia - 2.)

DUMOLARD (P.), 1999. - "Accessibilité et diffusion spatiale". - L'espace géographique, Tome 28, n° 3. - pp 205 - 214.

DUMOLARD (P.), TOURET (A.),1993. – "Réseau d'accès et accessibilité, modélisation informatique et aide à la décision en aménagement ". – *in* actes du colloque Théo Quant, Besançon, 1993. – p.

DUNAND (S.), 1997.- " Analyse des flux de fréquentation, aménagement et gestion des espaces de cheminement ".- C.E.S.A., Chambre de Commerce et d'Industrie de Nimes. Tome 1. - 98 p.

DUPUY (G.), 1991. – *Urbanisme des réseaux, théorise et méthodes*. – Paris : Armand Colin. – 198 p. – (U Géographie.)

DUPUY (G.), 1995. - *Les territoires de l'automobile*. - Paris : Anthropos. - 216 p. - (Collection Villes.)

DUPUY (G.), 1999. - *La dépendance automobile, symptômes, analyses, diagnostic, traitements*. - Paris : Anthropos. - 157 p. - (Collection Villes.)

DUPUY (G.). 1994. – " Réseaux ", p. 145-151 in : Encyclopédie d'économie spatiale : concepts, comportements, organisations / sous la direction de Jean-Paul Auray, Antoine Bailly, Pierre-Henri Derycke, Jean-Marie Huriot. - Paris : Economica, - 427 p. - (Bibliothèque de Science Régionale.)

DUPUY (G.). 1985. - Systèmes, réseaux et territoires : Principes de réseautique territoriale. - Paris : Presses de l'école nationale des Ponts et chaussées. - 168 p.

DURAND-DASTES (F.), 1992. - "Les modèles en géographie". - pp 311-325. - *in* Encyclopédie de géographie. - Sous la direction de Bailly A., Ferras R., Pumain D. - Paris : Economica. - 1132 p.

DURAND-DASTES (F.),1984. - "*Systèmes et localisations : problèmes théoriques et formels*". - *in* Géopoint 84. - Avignon, 1984. - pp 19-44.

ECKERT (D.), 1996. - *Evaluation et prospective des territoires*. - Paris : La Documentation Française. – 255 p.

Encyclopédie de géographie, 1992. - Sous la dir. de Bailly A., Ferras R., Pumain D. - Paris : Economica. - 1132 p.

Encyclopédie d'économie spatiale : concepts - comportements - organisations, 1994. - Sous la dir. de Auray J.-P., Bailly A., Derycke P.-H., Huriot J.-M.. - Paris : Economica. - 427 p. - (Bibliothèque de sciences régionale.)

Enquête de fréquentation sur le territoire du futur parc du Verdon, 1995. - DDE 83, DDE 04, Conseil Régional P.A.C.A., Syndicat mixte de préfiguration du Parc Naturel Régional du Verdon. 32 p.

EQUIPE M.I.T., 2000. - "La mise en tourisme des lieux : un outil de diagnostic". -

Mappemonde, n° 57. - pp 2-6.

ESCAFADAL (A.), 1999. - " Réflexions méthodologiques sur les projets et schémas de territoire : et si nous faisions entrer le marketing dans les stations ". - Espaces, n°158. - pp 37-41.

Etude de fréquentation des Hautes Vosges, 1992. - DDE des Vosges, cellule Urbanisme de Saint Dié des Vosges. - 58 f. dactyl.

FAUCHEUX (S.), NOEL (J.-F.), 1995. - *Economie des ressources naturelles et de l'environnement*. - Paris : Armand Collin. - 370 p,

FAUDOT (J.-C.), 1999. - "Mieux comprendre la consommation touristique permet de mieux comprendre le monde". - Espace, n° 165. - pp 34-41.

FAUVET (M.-C.), CHARDONNEL (S.), DUMAS (M.), SCHOLL (P.C.), et *al.*, 1998. - "Analyse de données géographiques : application des bases de données temporelles". - Revue internationale de géomatique, Vol. 0 n° 0, 1998. - pp 1-14.

FERBER (J.), 1995. - *Les systèmes multi-agents, vers une intelligence collective*.- Paris : InterEdition, Laforia, Université Pierre et Marie Currie. – 522 p.

FERBER (J.), 1997. - "La modélisation multi-agents : un outil d'aide à l'analyse de phénomènes complexes". - pp 113-133. - *in* Tendances nouvelles en modélisation pour l'environnement, journées du programme Environnement, vie et sociétés du CNRS. – Paris : Elsevier.

FERRAS (R.), 1993. - *Les modèles graphiques en géographie*. - Paris : Economica / Reclus. - 112 p. - (coll. Géo – Poche.)

Fondements rationnels de l'aménagement d'un territoire, 1985. - Sous la dir. de Lamotte (M.). - Paris : Masson. - 175 p. - (Coll. Ecologie appliquée et sciences de l'environnement.)

FORRESTER (J.W.), 1968. - *Principes des systèmes*. - Traduit par Sylvestre–Baron P. - Lyon : Presse universitaire de Lyon, troisième édition 1984. - (Sciences des systèmes.)

FOTHERINGHAM (A.S.), 1983. - " A new set of spatial - interaction models : the theory of competing destinations ". - Environment and Planing, USA, vol. 15. - pp 15-36.

FRANC (A.), 1997.- " Une remarque sur la permanence des systèmes spatialisés ". - Cybergéo (http//www.cybergeo.presse.fr), articles n°27. - 8 p.

FRANC (A.), SANDERS (L.), 1998. - "Modèles et systèmes multi-agents en écologie et en géographie : état de l'art et comparaison avec les approches classiques". – pp 17-35. - *in* Modèles et systèmes multi-agents pour la gestion de l'environnement et des territoires, Actes de

colloque, Clermont Ferrand, 5-8 octobre 1998.

FREMONT (A.), 1976. - *La région , espace vécu*. - Paris : PUF. – 288 p.

FRONTIER (S.), PICHOD-VIALE (D.), 1991. - *Ecosystèmes, structure, fonctionnement, évolution*. - Paris : Masson. - 392 p.- (Collection d'écologie 21.)

GARCIA (F. J.), LUCIO FERNANDEZ (J. V.), 1994. – "Recreational use model in a wilderness area". - Journal of Environmental Management, USA, n°34. - pp 161-271.

GAUDEMAR (Jean - Paul), Paris, 1996. - Environnement et Aménagement du Territoire. - La Documentation Française, DATAR. 213p.

GEORGE (P.), 1974. - *L'ère des techniques : constructions ou destructions?.* - Paris : P.U.F. - 174 p.- (Collection SUP.)

GEORGE (P.), 1999. - "*Géographie de la population*". ", in CD rom Encyclopédie Universalis, vol 19.

GIARD (V.), 1995. - *Statistiques appliquée à la gestion*. - Paris : Economica. - 552 p. (Gestion).

GLYPTIS (S.), 1981. - "Leisure life-styles". - Regional studies, Vol. 15 n° 5. - pp 311-326.

GOMEZ-LIMON GARCIA (F.J.), LUCIO FERNANDEZ (J.V.), 1994. - "Recreational use model in a wilderness area ". - Journal of environmental management, n° 40.- pp 161 - 171.

GOUIDER (N.), KERIHUEL (A.), 1997. - "Les voyages touristiques de courte durée _ Notes de synthèse du service économique et statistiques" – n°114, novembre /décembre 1997. – pp 25-30.

GRANPRE de (F.), LEBLANC (M.), 1999. - "La contribution de la recherche à la "fabrication" de destinations touristiques profitables". - Téoros, Vol 18 n°1.- pp 66-69.

GRAPPEY (C.), 1999. - "Fiabilité des résultats de la méthode d'évaluation contingente et modes d'interrogation". - Economie Rurale, n° 254. - pp 45-52.

GROUPE CHADULE, 1994. - *Initiation aux pratiques statistiques en géographie*. - Paris : Masson Géographie, troisième édition. - 203 p.

GUERMOND (Y.), LANGLOIS (P.), LANNUZEL (B.), LASCAUX (F.). 1983. - « Modélisation des migrations alternantes : l'exemple de Rouen ». - L'espace géographique, n°3, 1983. p. 215-222.

GUIGO (M.), ALLIER (C.), CHAPOT (A.), CHAPOT-BLANQUET (M.), et *al*., 1991. - *Gestion de l'environnement et études d'impact*. - Paris : Masson. -

231 p. – (Géographie.)

GUIGO (M.), et *al*., 1994. - *Gestion de l'environnement et systèmes experts*. – Paris : Masson. - 181 p. – (Géographie.)

GUMUCHIAN (H.), 1991. - *Représentation et aménagement du territoire*. - Paris : Anthropos. - 143 p.

HAGERSTRAND (T.), 1973. –"The domain of human geography", ed. Chorley, Direction in human geography, Methuen, Londres.

HAGGETT (P.), 1973.- *L'analyse spatiale en géographie humaine*.- Traduction Fréchou H. - Paris : Armand Colin. – 45 p. – (Collection U.)

HALL (E. T.), 1971. - *La dimension cachée*. - Paris : Point. - 244 p. - (Essais.)

HARRISSON (A. J.), STABLER (M. J.), 1981. – "An analysis of journeys for canal - based recreation". - Regional Studies, Great Britain, Vol. 15, n°5. - pp 345-358.

HERBIN (J.), 1983. - "Les loisirs de proximité des habitants de trois villes alpines : Grenoble, Annecy et Chambéry". - Norois, n° 120. - pp 597-610.

HERNERT (P.), 1995 - *Les algorithmes*. - Paris : PUF. - 127 p. (Que sais – je.)

HEY (R. D.), DAVIS (T.D.), 1975.- *Science, technology and environmental management*.- Lexington (USA) : Saxon House / Lexington Books.- 297 p.

HOLLARD (G.) ,LUCHINI (S.), 1999. - "Théories du choix social et représentations : analyse, d'une enquête sur le tourisme vert en Camargue ". – 22 p. dactyl.

HOWELL (D. C.), 1998. - *Méthodes statistiques en sciences humaines*. - Traduit de l'anglais par Rogier M. - Bruxelles : De Boeck université. - 821 p.

HURIOT (J.-M.), PERREUR (J.), DERROGNAT (I.). - "Espace et distance". - pp 35-46. - *in* Encyclopédie d'économie spatiale : concepts - comportements – organisations. - Sous la dir. de Auray J.-P., Bailly A., Derycke P.-H., Huriot J.-M.. - Paris : Economica. - 427 p. - (Bibliothèque de sciences régionale.)

I.F.E.N., 1994. - *L'environnement en France*. - Paris : Dunod. - 399 p.

IAURIF, 1999, 2000. - "Les vallées de l'Ile de France". - Les cahiers de l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Ile de France, n°125-126, 4ième trimestre 1999 et 1er trimestre 2000. - 240p.

ISNARD (H.), 1978. - *L'espace géographique*. - Paris : P.U.F. - 219 p.

JANSSON (B.), 1991. - *Spatial analysis and population dynamics*. - U.S.A. : John Libbey - Eurotext / INED. - 457 p.- (Congres and colloquia.)

JAYET (H.), 1993. - *L'analyse spatiale quantitative, une introduction.* – Paris : Economica, Association de science régionale de langue Française. – 196 p.

JUTS (J.-M.), 1999. - "La Côte d'Opale un réseau de territoires qui s'organise". - Espaces, n° 159. - pp 26-28.

KAUFMANN (A.), 1968. - *Des points et des flèches* : la théorie des graphes. - Paris : Dunod. - 155 p. - (Science-poche.)

KAYSER (B.), et *al*., 1990. - *Géographie, entre espace et développement*. - Toulouse : Presses universitaires du Mirail. - 284 p.- (Etat des lieux.)

KNAFOU (R.), 1992. - "L'invention du tourisme". - pp 851-864. - *in* Encyclopédie de géographie. - Sous la direction de Bailly A., Ferras R., Pumain D. - Paris : Economica. - 1132 p.

KNAFOU (R.), 1997. - "Une approche géographique du tourisme". - L'espace géographique, n° 3, 1997. - pp 193-204.

KNAFOU (R.), 1997. - *Tourisme et loisirs : Atlas de France, vol.7*. – Sous la direction de Saint-Julien T. – Paris, GIP Reclus, la Documentation Française. - 126 p.

La charte de territoire : une démarche pour un projet de développement durable. - Sous la direction de Gorgeu Y. et de Jenkins C., 1997. - Paris : La documentation Française. - 311 p.

La ville - pays vers une alternative à la métropolisation. - Dirigé par Beauchard J., 1996. - France : Edition de l'aube / I.A.A.T. - 125 p.-

LACOUR (Cl.), 1989. – Analyse économique et aménagement du territoire. - Revue 'Economie Régionale et Urbaine, n° I. - pp 97-114.

LACOUR (Cl.), 1995. – "Les fondements théoriques de l'intégration de l'aménagement et de l'environnement". – pp 21-39. – *in* L'aménagement face au défi de l'environnement. - Textes réunis par Carrière (J.P.) et Mathis (PH.). - Poitiers : ADICUEER. - 312 p.

LACOUR (Cl.), PUISSANT (S.), 1992. - "Géographie appliquée et science des territoires". – pp 1001-1020. - *in* Encyclopédie de géographie. - Sous la direction de Bailly A., Ferras R., Pumain D. - Paris : Economica. - 1132 p.

L'aménagement face au défi de l'environnement. - textes réunis par Jean Paul Carrière et Philippe Mathis, 1995. - Poitiers : ADICUEER. - 312 p.

LARRIBE (S.), 1999. – *Représentations auto-centrées et interactives d'un réseau d'acteurs en aménagement.* – 232 p. dactyl. - Thèse Aménagement de l'espace et urbanisme : Université de Tours (CESA).

LAZZAROTI (O.), 1994. - "Les loisirs périurbains ". - Espaces, n°127, mai - juin 1997. - pp 34 - 44.

LE CORBUSIER,1957. - *La charte d'Athènes*. – Paris : Editions de Minuit. – 189 p. – (Points essais.)

LE MOIGNE (J.-L.), 1990. - *La modélisation des systèmes complexes*. – Paris : Dunod. – 178 p. - (AFCET Systèmes.)

LE MOIGNE (J.-L.), 1994. - *La théorie du système général : Théorie de la modélisation*. - Paris : P.U.F, quatrième édition. - 338 p.

Le temps libre : mythe et réalités- Revue Pour, numéro spécial – Paris : Privat, mai-juin 1984, n°95 – 94 p.-

LEFEBVRE (H.), 2000. - *La production de l'espace*. - Paris : Anthropos, quatrième édition. - 485 p.- (Ethno - sociologie.)

LEGLISE (J. P.), 1999. - "Les réseaux de villes , territoires de projets". - Espaces, n° 159. - pp 22 - 25.

Les vallées d'Ile-de-France,1999. – Les cahiers de l'institut d'aménagement et d'urbanisme de la région d'Ile-de-France, n°125-126. – 240 p.

L'espace touristique, 1999. - Sous la direction de Cazelais N., Nadeau R et Beaudet G. - Sainte – Foy : Presse de l'université du Québec. - 287 p.-

L'HOSTIS (A.), 1996. - *Image de synthèse pour l'aménagement du territoire : la déformation de l'espace par les réseaux de transp*ort rapide. - 306 p dactyl. – Thèse Aménagement de l'espace et urbanisme : Université de Tours (CESA).

LORENZ (K.), 1970. - *Trois essais sur le comportement animal et humain*. - Paris : Points. 240 p. (Essais.)

LOUVIERE (J.) ,TIMMERMANS (H.), 1990. - "Stated preference and choice models applied to recreation research : a review". - Leisure sciences, Vol. 12. - pp 9-32.

LOUVIERE (J.), 1988. - "Conjoint analysis modelling of stated preferences : a review of theory, methods, recent developments and external validity". - Journal of Tranport Economic and Policy, vol. 22. - pp 93-119.

LOUVIERE (J.), TIMMERMANS (H.), 1990. - "Stated preference and choice models applied to recreation research : a review ". - Leisure Sciences, Great Britain, vol. 12. - pp 9-32.

LOZATO (J.-P.), 1983. - "Les zones naturelles d'équilibre en Ile-de-France : quelle place, quel rôle dans les loisirs ?". - Norois, n° 120. - pp 669-

677.

LOZATO-GIOTART (J.-P.), 1992. - *Géographie du tourisme*. - Paris : Masson, quatrième édition. - 312 p. – (Géographie.)

LOZATO-GIOTART (J.-P.),1993.- "Tourisme et loisirs : quelles problématiques géographiques?". - IAURIF - Information géographique. vol. 57, n° 2. - pp 48-58.

LUNDGREN (J.), 1984. - "Geographic concept and the development of tourism research in Canada". - Geojournal, Dordecht/Boston, vol. 9, n°1. – pp 17-25.

LYNCH (K.), 1976. - *L'image de la cité*. - Paris : Dunod. - 221 p. (Collection Aspect de l'Urbanisme.)

MACE (G.), 1991. - *Guide de l'élaboration d'un projet de recherche*. - Bruxelles : Boeck Université, Editions Universitaires. - 119 p.

MARIN (L.),1973. – *Utopiques : jeux d'espaces*. – Paris, Les éditions de minuits. – 357 p.

MARTOUZET (D.), 1993. – *Recherche du fondement de l'éthique de l'aménagement*. – 449 p. dactyl. - Thèse Aménagement de l'espace et urbanisme : Université de Tours (CESA).

MATHIS (Ph.), 1973 – *Introduction à une théorie unitaire des implantations commerciales.* – 341 p. dactyl. – Thèse de troisième cycle, Ecole Pratique des hautes Etudes, Paris.

MATHIS (Ph.), 1978 - *Economie urbaine et théorie des système.* – 548 p. dactyl. – Thèse de doctorat d'Etat, Sciences Economique : Tours.

MATHIS (Ph.). - *Graphes, utilisations et représentations*. - Sous la direction de Ph. Mathis.- à paraître, ed. Hermes. 2001.

MAYSTRE (L.Y.), PICTET (J.), SIMOS (J.), 1994 - *Méthodes multicritères ELECTRE, description, conseils pratiques et cas d'application à la gestion environnementale*. - Lausanne : Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. – 323 p. -(Collection Gérer l'Environnement.)

MESPLIER (J.), 1980. - "L'aménagement touristique littoral : difficultés de définitions ou différence de conception". - RERU, tome IV, n°1. - pp 113-125.

MICHAUD (J.-L.), 1983. - *Le tourisme face à l'environnement*. - Paris : P.U.F. - p.-

Milieux naturels: illustration de quelques réussites, 1986. - Sous la dir. De HENRY (C.), TOUTAIN (J.- C.). - Paris : Editions du CNRS / Presses de l'Ecole Polytechnique. - 252 p.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, 1989. – *Plan de protection et de mise en valeur des hautes Vosges*. – AERU.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, MINISTÈRE DU TOURISME, 1992. - *Tourisme et environnement*. - Paris : La Documentation Française. - 270 p.

MINOUX (M.), BARNIK (G.), 1986. - *Graphes, algorithmes, logiciels*. - Paris : Bordas. - 427p.

MIOSSEC (J.-M.), 1977. - "Un modèle de l'espace touristique". - L'espace géographique, n° 1,1977. - pp 41 - 48.

MIRLOUP (J.), 1983. - "Région, polarisation de l'espace par les grandes villes et loisirs de proximité". - Norois, n° 120. - pp 663-668.

Modèles et systèmes multi - agents pour la gestion de l'environnement et des territoires. - Coordinateur scientifique Nils Ferrand, 1999. - *in* Colloque SMAGET, Clermont - Ferrand, 5 - 8 octobre 1998 : Cemagref éditions. - 464 p.

MOLES (A.), 1992. - "Vers une psycho - géographie". - pp 177-205. - *in* Encyclopédie de géographie. - Sous la direction de Bailly A., Ferras R., Pumain D. - Paris : Economica. - 1132 p.

MORUCCI Bernard, 1993 – "Prospective touristique". - TEOROS, Revue de Recherche en Tourisme, Canada, Vol 12, n°2 juillet 1993, Département d'Etudes Urbaines et touristiques, Université du Québec à Montréal, pp.10 - 17.

Moyennes montagnes, vie ou survie ? dossier Vosges, 1995. - Revue de Géographie Alpine, n°3, tome LXXXIII. - 184 p.

MULLER (J.-C.), 1983. - " La cartographie des espaces fonctionnels ". - L'Espace Géographique, tome XII, n°2. - pp 142-152.

O'CONNOR (M.), NOEL (J.F), TSANG KING SANG (J.), 1999. - "La découverte de la construction de la valeur environnementale : quelques réflexions autour des études de cas du projet VALSE". - Nature Science Sociétés, Vol; 7 n° 3. - pp 55-70.

PARC NATIONAL DES ECRINS, 1992. - La fréquentation touristique du Parc National des Ecrins. - Documents scientifiques du parc national des Ecrins, n°4. - 55 p

PARC NATIONAL DES PYRENEES, 1982. – Comptes du patrimoine naturel : rapport de synthèse. – Documents scientifiques du parc national des Pyrénées, n°6. - 135 p.

PARC NATIONAL DES PYRENEES, 1992. – La fréquentation touristique du Parc National des Pyrénées. – Documents scientifiques du parc national

des Pyrénées, n°28. – 55 p

PARC NATUREL REGIONAL DES BALLONS DES VOSGES, CESA, 1996.- " La fréquentation touristique des Hautes Vosges, diagnostic". – 50 p.

PATIER (D.), THENOZ (M.), 1986. – "Mise au point et expérimentation d'indicateurs de fréquentation touristique : Application aux Parcs du Mercantour et des Cévennes". – 72 f. dactyl., 8 annexes.

Paysage au pluriel : pour une approche ethnologique des paysages, 1995. – Paris : Maison des sciences de l'homme. – 240 p.- (Collection ethnologie de la France.)

PEARCE (D.), 1987.- *Géographie du tourisme*. – Paris, Nathan. – 351 p. – (Coll. Fac Géographie.)

PELLAUMAIL (J.), 1992. – *Graphes, simulations, I – matrices, applications aux files d'attente*. – Paris : Hermes. – 334 p.- (Traité des Nouvelles Technologies série Mathématiques appliquées)

PINI (G.), 1992. – "L'interaction spatiale". – pp 557-576. - *in* Encyclopédie de géographie. - Sous la dir. de Bailly A., Ferras R., Pumain D. - Paris : Economica. - 1132 p.

Plan de Protection et de Mise en Valeur des Hautes Vosges, 1990. – Ministère de l'Equipement, Délégation Régionales à l'Architecture et à l'Environnement de Lorraine, Alsace, Franche-Comté.

PLASSARD (F.),1997. – "Les effets des infrastructures de transport : modèles et paradigmes », p. 39-54 in : Infrastructures de transport et territoires : approches de quelques grands projets / sous la direction de A. Burmeister, G. Joignaux. - Paris : L'Harmattan. - 319 p.

PLASSARD (F.),1993. – "Les enjeux territoriaux des transports", p. 49-58 in : Circuler demain / sous la direction d'A. Bonnafous, F. Plassard, B. Vulin. - Paris : D.A.T.A.R./Editions de l'aube. - 191 p.

PLASSARD (F.),1992. – "Les régions et la grande vitesse ferroviaire", p. 125-131 in : Le défi régional de la grande vitesse. - Paris : Syros-Alternatives. - 205 p. - (Régions et Europe, Centre européen du développement régional.)

PLASSARD (F.), 1977. - *Les Autoroutes et le Développement Régional*. - Lyon : P.U.L./Economica. - 342 p. - (Economie publique de l'aménagement et des transports.)

POINT (P.), 1980.- Eléments économiques pour la protection des actifs naturels actifs. – Thèse de doctorat d'Etat : Bordeaux.

POTIER (F.), 1997. – "Les métamorphoses du tourisme". – Sciences humaines, n°73. – pp 34-37.

Premier Ministre, Commissariat Général au Plan, Sécrétariat au Tourisme, Direction du Tourisme, 1998. -"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.

PRETECEILLE (E.), 1974. – *Jeux modèles et simulations : Critique des jeux urbains*. – Paris : Mouton. – 208 p.

PUMAIN (D.) ,SANDERS (L.), 1992. – "La formalisation du changement dans trois modèles de dynamique urbaine : une étude comparative". – Revue d'Economie Régionale et Urbaine, n° 5. – pp 773 – 794.

PUMAIN (D.), SAINT JULIEN (T.), 1997. – *L'analyse spatiale.* – Paris : Armand Colin. – 158 p.

PUMAIN (D.), SANDERS (L.), SAINT JULIEN (T.), 1989. – *Villes et auto-organisation* – Paris : Economica. – 191 p.

PY (P.), 1992. – *Le tourisme. Un phénomène économique*. – Paris : Les études de la Documentation française. – 156 p.

RAJOZ (R.), 1985. – *Précis d'écologie*. – Paris : Dunod, 5 ième édition. – 505 p.

RAMADE (F.), 1984. – *Eléments d'écologie : écologie fondamentale*. – Paris : McGraw – Hill. – 397 p.

Rapport du groupe d'experts Prospective de la demande touristique à l'horizon 2010 / présidé par J Viard , 1998. – "Réinventer les vacances : la nouvelle galaxie du tourisme". – Paris : La documentation Française. – 355 p.

REFFYE (P.), et *al*., 1996.- "Modélisation et simulation de la croissance d'une architecture végétale : une approche morphogénétique expérimentale". – pp 91–112. – *in* Journées du programme environnement, vie et sociétés du C.N.R.S., Paris : Elsevier.

Regional studies, journal of the regional studies association, 1981. - Leisure, recreation and tourism. - Pergamon Press . Oxford. Vol 15 Number 5. – 213 p.

REILLY (W. J.), 1931. - *The law of retail gravitation*. - New York : Knickerbocker Press.

REMOND (J.-Y.), 1999. – "Le produit France reste encore à organiser". – Espaces, n° 158. – pp 10-11.

REYNOLDS (G.), ELSON (M.J.),1996. – "The sustainable use of sensitive countryside sites for sport and active recreation ". – Journal of environmental planning and management. Vol 39, n°4. – pp 563-

576.

RICHEZ (G.), 1992. – *Parcs nationaux et tourisme en Europe*. – Paris : Editions l'Harmattan. – 421 p.

ROGER (A.), 1997. – *Court traité du paysage*. – Paris : Gallimard. - 199 p. – (Bibliothèque des Sciences Humaines.)

ROUGET (B.). - *Modèles de gravitation et théorie des graphes*. - Paris : Dunod, 1971. - 144 p. - (Institut de Mathématiques Economiques, n°2.)

ROUSSEL (V.), 2000 – "A propos de l'arrivée de nouvelles populations et de ses conséquences sur les espaces ruraux" – Revue d'Economie Régionale et Urbaine, n°1, 2000. – pp 45-61.

ROUZIER (J.), 1980. – " Indicateurs indirects de la fréquentation touristique ". – Revue d'Economie Régionale et Urbaine, Tome IV, n° I. – pp 91-111.

RUPPERT (K.), 1983. – "Les loisirs non touristiques et leur influence sur l'organisation de l'espace". – NOROIS, n° 120. – pp 503-509.

SANDERS (L.), PUMAIN (D.), MATHIAN (H.), GUERIN-PACE (F.) et BURA (S.), 1994. – "SIMPOP : a multi-agents system for the study of urbanism". – Environment and planning, Vol. 24. – pp 287-305.

SANDERS (L.). 1996. – "Le temps dans l'analyse spatiale", p. 57-63 in : Démarches et pratiques en analyse spatiale. - Avignon : Laboratoire Structures et Dynamiques Spatiales. - 144 p. - (Actes de l'Ecole Thématique tenue à Montpellier du 18 au 21 septembre 1995.)

SANDRES (L.), 1992. – "Géographie et statistique". – pp 273-294. - Sous la dir. de Bailly A., Ferras R., Pumain D. - Paris : Economica. - 1132 p.

SATCHELLE, 1976. – *Les effets de la récréation sur l'écologie des paysages naturels*. – Collection sauvegarde de la nature n°11.Conseil de l'Europe. – 100 p.

SAULNIER (H.), 1994.- *La gestion territoriale du tourisme*. – Voiron : La lettre du Cadre territorial. – 77p. – (Collection Dossier d'Expert.)

SCHAAL (A.), BOILLOT (F.), 1992.- "Influence des activités récréatives sur le comportement du chamois dans les Hautes Vosges ». – Ministère de l'environnement, "Comité Etude et gestion du patrimoine naturel".

SCHARLIG (A.), Lausanne, 1985. – *Décider sur plusieurs critères, panorama de l'aide à la décision multicritère*. – Lausanne : Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. – 304 p. – (Collection Diriger l'entreprise.)

SCHMIDT (G.), STROHLEIN (T.), 1993. – *Relations and Graphs. Discrete Mathematics for Computer Scientists*.- Brerlin: Springer-Verlag. – 301 p

Secrétariat d'état au tourisme direction du tourisme, 1999. – "Mémento du tourisme". – Paris : Observatoire national du tourisme. – 125 p.

Secrétariat d'état au tourisme direction du tourisme, mars 1999. – "La demande touristique en espace urbain". – Paris : Observatoire national du tourisme. – 56 p. – (Données économiques du tourisme.)

Secrétariat d'état au tourisme direction du tourisme, mars 1999. – "La demande touristique en espace rural". – Paris : Observatoire national du tourisme. – p. – (Données économiques du tourisme.)

Secrétariat d'état au tourisme direction du tourisme, mars 1999. – "La demande touristique en espace montagne". – Paris : Observatoire national du tourisme. – 67 p. – (Données économiques du tourisme.)

Secrétariat d'état au tourisme direction du tourisme, mars 1999. – "La demande touristique en espace littoral". – Paris : Observatoire national du tourisme. – 59 p. – (Données économiques du tourisme.)

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.)

SERRHINI (K), 2000. – *Evaluation spatiale de la covisibilité d'un aménagement. Sémiologie graphique expérimentale et modélisation quantitative*. – Thèse de doctorat en Aménagement de l'espace et Urbanisme, Tours.

SHECHTER (M.), ENIS (R.), REISER (B.), TZAMIR (Y.), 1981. – "Evaluation of landscape resources for recreation planning". – Regional Studies, Great Britain, Vol. 15, n°5. – pp 373-390.

SIMON (H.-A.), 1991. – *Sciences des systèmes, sciences de l'artificiel*. – Paris : Dunod. – 229 p.

SPIZZICHINO (R.), 1991. – *Les marchands de bonheur : perspectives et stratégies de l'industrie française du tourisme et du loisir*. – Paris : Dunod. – 320 p.

STAFFORD (J.),1993. – "La prévision de la demande touristique : une analyse critique". – TEOROS, Revue de Recherche en Tourisme, France, Vol 12, n°2 juillet 1993, Département d'Etudes Urbaines et touristiques, Université du Québec à Montréal, pp.2 – 6.

STATHOPOULOS (N.), 1997. – *La performance territoriale des réseaux de transport*. – Paris, Presses des Ponts et Chaussées. – 228 p.

SULLIVAN (E.), 1971. – *A model for trip distribution over a sparse pattern of attractors*. – Berkeley, University of California : University of California. Institute of Transportation and Traffic Engineering. – (Dissertation series.)

Tendances nouvelles en modélisation pour l'environnement. – *in* Journées du programme environnement, vie et sociétés, 15, 16 et 17 janvier 1996. – CNRS.

THENOZ (M.), 1981. – "La pratique touristique estivale et son impact sur un espace protégé, le cas de la Vallouise dans le parc national des Ecrins". – Revue de géographie de Lyon, n° 1981,3. – pp 275-302.

THILL (J.-C.), TIMMERMANS (H.), 1992. – « Analyse des décisions spatiales et du processus de choix des consommateurs : théorie, méthodes, et exemples d'applications ». – L'espace géographique, n°2, 1992. – pp 143-166.

THOM (R.). 1977. - *Stabilité structurelle et morphogenèse : essai d'une théorie générale des modèles*. - Paris : InterEditions.

TIMMERMANS (H.), GOLLEDGE (R.), 1990. – "Applications of behavioural research on spatial problems II : preference and choice". – Progress in Human Geography, Vol. 14, n° 3. – pp 312-354.

TOURET (A.), 1995. – « Agripa : un modèle de calcul de courbes isochrones fondé sur un système multi-agent ». – Revue internationale de géomatique, Vol. 5, n° 3-4. – pp 299-314.

Tourisme et milieux. – Sous la direction de Wolkowitsch M., 1997. – *in* Congrès national des sociétés historiques et scientifiques 120e, Aix – en – Provence, 23 – 29 octobre 1996 : Editions du C.T.H.S. – 165 p.

Tourisme et société- Revue Pour, numéro spécial – Paris : L'harmattan, mars 1992. – 152 p.-

Tourisme rural, 1995. – Actes de l'université d'été sur le tourisme rural, Autrans, 30 août – 1 septembre 1995. – Centre National de Ressources, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. 128 p.

Travaux et recherche de prospective, schéma général d'aménagement de la France, 1975 *.- La méthode des scénarios : une réflexion sur la démarche et la théorie de la prospective*. – Paris : La documentation Française. 133p.

URBAIN (J.-D.), 1983. – « Sur l'espace du touriste : un voyage en Tunisie. Elément pour une sémiotique de l'espace touristique des français « . – L'Espace Géographique, tome XII, n°2. – pp 115-124

VASSEUR (C.), 1994. -"L'imaginaire du loisir sportif" – Espaces, n°128. – pp 35-44.

VELIKOV (V.), ROY (J.), BRIEN (G.),1994. – « Dimensions spatiale du tourisme en Gaspésie ». Téoros, Vol. 13, n°1. – pp 38-40.

VERMOT-DESROCHES (B.),1994. – "Interactions spatiales". – pp 61-66. – *in* Encyclopédie d'économie spatiale, concepts, comportements, organisations. – Sous la direction de Auray J.-P., Bailly A., Derycke P.-H., Huriot J.-M., Economica. – 427 p

VEUILLE (M.), 1986. – *La sociobiologie*. – Paris : PUF. – 127 p. – (Que sais – je ?)

VOIRON-CANICIO (C.), 1997. – "Formes, discontinuités et partitions de l'espace". – L'espace géographique, n°1,1997. – pp 49-59.

VYVERE Van de (Y.), 1995. – " Les modèles de choix discret en géographie : une introduction ". – L'espace géographique, tome 24, n°1. – pp 1-10.

WACKERMANN (G.), 1993. – *Loisir et tourisme : une internationalisation de l'espace*. – Paris : SEDES. – 279 p. – (Mobilité spatiale.)

WACKERMANN (G.), 1993. – *Tourisme et transport*. – Paris : SEDES. – 279 p. – (Mobilité spatiale.)

WACKERMANN (G.), 1997. – "Loisirs et tourisme dans les mutations de la société contemporaine. Réflexions sur un bilan scientifique." – Loisir et société, vol. 20, n°2,1997. – pp 479-501.

WALLISER (B.),1977.- *Systèmes et modèles . Introduction critique à l'analyse des systèmes*. – Paris : Editions du Seuil. – 247 p.

WALLISER (B.). – "Une typologie des hiérarchies". - Revue Internationale de Systémique, vol.5, n°1, 1991, p. 71-76.

WILSON (A.G.). - « A Statistical Theory of Spatial Distribution Models » Transportation Research, London : Pergamon Press, (Economic Planning Group, Ministry of Transport), vol. 1, 1967, p. 253-269

ZINS (M.) ,JACQUES (J.), 1999. – " La valeur touristique et économique des paysages ". – Téoros, Vol. 18, n° 1. – pp 48-51.

ZOLLER (H.G.), BEGUIN (H.), 1992. – *Aide à la décision, l'évaluation des projets d'aménagement*. – Paris : Economica. – 301 p.

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1: Départ des Français en week-end au cours des douze derniers mois 29
Tableau 2: Activités des Français pratiquées au cours des douze derniers mois 31
Tableau 3 : Fréquences de visites annuelles des citadins sur des espaces naturels 31
Tableau 4 : Les centres d'intérêts des touristes européens (source BIMA, 1991) 35
Tableau 5: Etudes de fréquentations utilisées 85
Tableau 6 : Principaux résultats des fréquentations de visiteurs sur les espaces naturels sélectionnés 87
Tableau 7 :Temps de présence des visiteurs sur les sites des PNR normands(% des groupes interrogés) 87
Tableau 8 : Origine des visiteurs questionnés sur les sites des PNR normands(% des groupes interrogés) 87
Tableau 9 : Nombre moyen de véhicules stationnés sur les parkings entre 15 et 16 heures / nombre de parkings (Nombre de places de parking) sur les Hautes Vosges 88
Tableau 10 : Attractivité des différents secteurs du massif des Hautes Vosges 90
Tableau 11 : Le réseau d'accueil des flux pédestres sur les secteurs du massif 93
Tableau 12 : Répartition journalière des activités de la fréquentation sur un site du Rothenbachkopf 96
Tableau 13 : Trois types de visiteurs se déplaçant sur deux espaces 97
Tableau 14 : Typologie des différentes aires de diffusion 98
Tableau 15: Part en % du lieu de stationnement des touristes interrogés au Col du Falimont. 98
Tableau 16 : Typologie de la consommation récréative sur le massif des Hautes Vosges 99
Tableau 17 : Modalités entrant dans le choix d'un déplacement sur un espace naturel 124
Tableau 18 : Types de variables et modèles statistiques 126
Tableau 19 : Résultats de la calibration du modèle 134
Tableau 20 : Attractivité calculées après le calibrage des paramètres 135
Tableau 21 : Attractivités calculées sur divers niveaux d'agrégation de l'espace 135
Tableau 22 : Valeurs extrêmes des attractivités des centroïdes pour chaque niveau d'agrégation 136
Tableau 23 : Matrice du système de déplacement 147
Tableau 24 : Matrice des probabilités de transition 148
Tableau 25 : Résultats des applications 149
Tableau 26 : Nature des interactions entre les différents éléments du système déplacement/ visite sur les espaces naturels entrant dans le second mécanisme de choix 162
Tableau 27 : Typologie des visiteurs et aires radioconcentriques de diffusion pédestre 164
Tableau 28 : Récapitulatif du développement analytique. 199
Tableau 29 : Contraintes et indicateurs spatiaux associés 201
Tableau 30 : Format du fichier nœuds 216
Tableau 31 : Typologie des modes route 216
Tableau 32 : Format du fichier arc routier 216
Tableau 33 : Format du fichier origine destination des chemins minimaux 220
Tableau 34 : Format du fichier des précédents de chemins minimaux 220
Tableau 35 : Format du fichier nœud MNT 234
Tableau 36 : Format du fichier arc pédestre du graphe MNT 236
Tableau 37 : Paramètres, variables et indicateurs des contraintes spatiales à ajuster 256
Tableau 38 : Structure du calibrage des contraintes spatiales et de l'ajustement des indicateurs spatiaux 256
Tableau 39 : Input des données de calibrage des indicateurs spatiaux 257
Tableau 40 : Etapes successives du calibrage 258
Tableau 41 : Exemple d'un fichier de résultats : 3 séries sur 3 lignes 258
Tableau 42 : Comptages parkings utilisés pour le calibrage des indicateurs sur les Hautes Vosges 262

Tableau 43 : Comptages parkings utilisés pour le calibrage des indicateurs sur les Ecrins..... 262
Tableau 44 : Poids des flux entrants par les "villes portes" ou points d'entrée 264
Tableau 45 : Output, résultats des calculs de calibrage des indicateurs spatiaux..... 266
Tableau 46 : Importance des contraintes spatiales sur l'attractivité des principaux sites du massif..... 283
Tableau 47 : Indice de Geary des contraintes spatiales 288
Tableau 48 : Indice de Geary des variables explicatives de l'offre spatiale..... 289
Tableau 49 : Output, résultats des calculs de calibrage des indicateurs spatiaux..... 291
Tableau 50: Résultats de la simulation des probabilités de répartition aux heures de pointes sur les parkings ouvrant sur la réserve naturelle du Tanet - Gazon du Faing..... 307
Tableau 51 : Nombre de véhicules en stationnement sur les principaux sites du massif..... 316

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Une photographie du tourisme en France 30
Figure 2 : Les phases d'un développement touristique (Miossec, 1977) 39
Figure 3 : Intégration des territoires touristiques dans l'espace urbain (Lundgren, 1984) 41
Figure 4 : Accessibilité urbaine en France 43
Figure 5: Graphe de la simulation des gains de temps induits par l'achèvement de l'autoroute A51 44
Figure 6: Graphe de la simulation des gains de temps induits par l'achèvement du périphérique de Tours 44
Figure 7: Territoires accessibles pour un aller et retour dans la journée, en moins de 4 heures de transport (route, rail, air) au départ de Paris 46
Figure 8 :Espaces temps des loisirs 52
Figure 9 : Répartition radioconcentrique des flux autour d'un point émetteur 53
Figure 10 : Structure du tourisme et des loisirs 53
Figure 11 : Modèle de développement de stations touristiques 55
Figure 12 : Modèles de développement touristique 55
Figure 13 : Mixité des populations et schéma de consommation des espaces récréatifs 58
Figure 14 : Schéma du budget-temps des touristes sur la station Valloire 60
Figure 15 : Attractivité touristique du territoire français d'un "expert". 69
Figure 16: Des attractivités régionales variables 70
Figure 17 : Impacts sur les sentiers des flux de visiteurs 74
Figure 18 : Fréquentation estivale sur les Hautes Vosges en 1996 89
Figure 19 : Trafic routier journalier sur les routes du massif des Hautes Vosges 91
Figure 20 : Répartition sur une journée des véhicules en stationnement sur les parkings de la route des crêtes : secteur Hohneck – lac Blanc 91
Figure 21 : Points de départ du déplacement des visiteurs du Pont du Gard 92
Figure 22 : Evolution des impacts de cheminements entre 1951 et 1992 sur le secteur des crêtes du Hohneck 95
Figure 23 : Aires de diffusion pédestre des visiteurs sur le site du Pont du Gard 99
Figure 24 : Processus de déplacement des visiteurs sur un espace naturel 101
Figure 25 : Modèle de perception / comportement de R. Brunet 103
Figure 26 : Processus menant au comportement 104
Figure 27 : Relation triangulaire entre nos trois éléments 109
Figure 28 : Les découpages des zones 134
Figure 29 : Architecture générale d'un agent Manta 143
Figure 30 : Espace théorique de la fréquentation 147
Figure 31 : Graphe de l'espace de circulation pédestre 149
Figure 32 : Morphologie des réseaux d'accueil 172
Figure 33 : Schéma d'un déplacement touristique (Modèle de Mariot - Matley 1976) 174
Figure 34 : Les niveaux d'organisation des espaces récréatifs 176
Figure 35 : Des sous espaces de circulation entre les sites 176
Figure 36 : organisation des déplacements sur un réseau d'accueil 177
Figure 37 : Zoom inter nodal 185
Figure 38 : Transformation de la topologie du réseau par le zoom inter nodal 186
Figure 39 : Topologie 187
Figure 40 : Exemple de sorties cartographiques des résultats 209
Figure 41 : Boîte de dialogue du paramétrage des indicateurs pour les simulations 223

Figure 42: Deux types de maillages d'un MNT 232
Figure 43 : Vue en trois dimensions du Modèle Numérique de Terrain de la réserve naturelle du Tanet et du Gazon du Faing (Massif des Hautes Vosges)..... 233
Figure 44 : Espace praticable du MNT de la réserve naturelle du Tanet et Gazon du Faing..... 238
Figure 45 : Choix et processus de diffusion du cheminement 239
Figure 46 : Exemples de déplacement aller et retour différencié (Etude Fréquentation des Hautes Vosges)..... 242
Figure 47 : Deux cheminements différents pour un aller et un retour..... 244
Figure 48 : Exemple de cheminements obtenus par l'automate cellulaire 244
Figure 49 : Exemple de cheminements aller et retour obtenus sur le graphe MNT du Tanet 245
Figure 50 : Visualisation des résultats sur un fond de carte IGN 245
Figure 51 : Passage du graphe MNT au graphe sentier 246
Figure 52 : Impacts générés au départ de deux parkings qui possèdent des quantités de flux entrants différentes..... 249
Figure 53 : Comparaison d'une simulation de cheminements pour un déplacement de 20 minutes dans une aire de diffusion de 1000 mètres 251
Figure 54 : Structure du graphe route des Hautes Vosges..... 260
Figure 55 : probabilité de répartitions des visiteurs sur les Hautes Vosges 268
Figure 56 : Trajets de 45 minutes au départ des villes portes vers les parkings 270
Figure 57 : Itinéraires des déplacements voitures des visiteurs sur le massif des Hautes Vosges..... 272
Figure 58 : Relations entre les parkings en fonction des seuils de déplacement à midi et aux heures de pointes 273
Figure 59 : Topologie du réseau et desserte de l'espace d'accueil 274
Figure 60 : Attractivités et contraintes spatiales - feuillet n°1 276
Figure 61 : Attractivités et contraintes spatiales - feuillet n°2 277
Figure 62 : Distribution des visiteurs sur des espaces théoriques..... 279
Figure 63 : Poids de l'accessibilité et de l'offre spatiale sur l'attractivité des sites des Hautes Vosges..... 281
Figure 64 : Poids du voisinage sur les attractivités des sites des Hautes Vosges 282
Figure 65 : Poids du seuil d'accessibilité sur les Hautes Vosges 283
Figure 66 : Poids des contraintes spatiales sur les Hautes Vosges 285
Figure 67 : Répartition des visiteurs sur les Ecrins..... 292
Figure 68 : Différences d'accessibilité entre les Vosges et les Ecrins 294
Figure 69 : Contraintes spatiales et attractivités des sites sur les Ecrins 295
Figure 70 : Impacts des cheminements des déplacements au départ des parkings 297
Figure 71 : Simulation des cheminements des différents visiteurs sur l'espace Tanet-Gazon du Faing..... 298
Figure 72 : Détails des impacts des cheminements sur la réserve naturelle du Tanet – Gazon du Faing..... 299
Figure 73 : Impacts types sur l'espace 300
Figure 74 : Impacts des cheminements des déplacements aller et retour sur le Tanet 301
Figure 75 : Structure de l'espace théorique de diffusion pédestre..... 302
Figure 76 : Impacts des cheminements allers (parkings – sites) sur l'espace théorique..... 303
Figure 77 : Détails des simulations des déplacements obtenues entre le Tanet et l'espace théorique..... 304
Figure 78 : Impacts des déplacements sur un graphe théorique reprenant les spécificités de l'espace Tanet 305
Figure 79 : simulations des pressions anthropiques aux départs des parkings sur la réserve naturelle 307
Figure 80 : Comparaison des résultats des pressions anthropiques avec des photographies aériennes..... 308
Figure 81 : Coupure et aménagement de la route des crêtes..... 312
Figure 82 : Répartition des visiteurs sur les Hautes Vosges après la fermeture et les aménagements d'accompagnement (détails des différences Figure 84) 314
Figure 83 : Différences de répartition sur l'espace entre les opérations d'aménagements et la situation acuelle..... 317

Figure 84 : Différences de répartition entre les partis d'aménagement 318
Figure 85 : Différentiel de répartition dans le cas d'une augmentation de l'accessibilité..... 320
Figure 86 : Redistribution des visiteurs sur les Hautes Vosges après une modification du seuil d'accessibilité..... 321
Figure 87 : Espace de cheminements potentiels sur la réserve naturelle du Tanet après la simple fermeture de la route des crêtes...... 323
Figure 88 : Espace de cheminements potentiels sur la réserve naturelle du Tanet après les aménagements d'accompagnement de la fermeture de la route des crêtes...... 324
Figure 89 : Espace de cheminements potentiels sur la réserve naturelle du Tanet après les aménagements d'accompagnement de la fermeture de la route des crêtes et une augmentation des temps de promenades...... 326

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION 8

PARTIE 1. LES DÉPLACEMENTS SUR LES ESPACES NATURELS 17

INTRODUCTION 18

CHAPITRE 1. DES VISITEURS ET DES ESPACES 20

Introduction 20

Section 1. La consommation récréative des espaces considérés comme naturels 21

A. Problème de définition 21

1). Tourisme, un concept ambigu 21

2). Tourisme ou loisir : une différenciation difficile 24

B. La "consommation" récréative des espaces naturels 27

1). Des masses en déplacement 27

a). Mixité des visiteurs 28

b). Des espaces naturels soumis aux pressions urbaines 32

2). Un espace récréatif "consommé" 34

a). Des pratiques régulières sur l'espace 34

b). Réutilisation des espaces touristiques dans un cadre de vie 36

3). "L'invention du lieu touristique" 38

Section 2. Les espaces de loisirs intégrés à l'espace urbain 40

A. Rôle de l'urbanisation 40

1). Croissance des réseaux de transports 41

2). Une mobilité acquise par l'utilisation de la voiture 45

B. Espaces naturels récréatifs urbains ? 46

1). Une "métropolisation" des espaces naturels 46

2). Complémentarité ville - Campagne 48

3). Une attractivité liée à l'offre spatiale et à l'accessibilité 50

C. Détermination de l'espace récréatif 51

1). Une détermination des espaces en fonction de la demande 51

2). Limite des formes et modèles de représentation des espaces de tourisme et de loisirs 54

a). Les modèles de lieux 54

b). Création des lieux touristiques, un projet économique 56

3). De l'approche unipolaire à l'approche multipolaire 56

4). Les séquences de déplacements communes 58

5). De la différenciation vacanciers, population locale 60

Conclusion 62

CHAPITRE 2. ORGANISATION DES DÉPLACEMENTS SUR LES ESPACES NATURELS 64

Introduction 64

Section 1. Des processus mal connus 66

A. Un problème d'aménagement du territoire 66

1). Problème méthodologique d'évaluation de la "mobilité régionale" du visiteur 66

a). Un problème d'évaluation global des déplacements 66

b). Un flou quant à l'évaluation des visiteurs sur un territoire 67

c). Un territoire fragmenté 68

d). Le cas français 71

2). Le déplacement n'est pas l'objet étudié 72

3). Enjeux environnementaux 73

a). Une politique de préservation 73

b). Impacts des fréquentations sur les milieux naturels 75

B. Enjeux opérationnels 76

1). L'aménagement du territoire : une problématique dans un contexte 76

2). Tendances globales des aménagements touristiques et de loisirs 78

3). De la prospective et de la prescription en aménagement 78

4). Mise en place d'indicateurs spatiaux 81

Section 2. Les niveaux d'organisation des déplacements 82

A. Les espaces d'observations - bases de données 83

1). Récolte des données sur les Hautes Vosges 83

2). Les espaces de vérification 84

3). Des espaces fréquentés différemment mais... 85

4). Résultats des comptages parkings et sentiers sur les Hautes Vosges 88

B. L'espace de déplacement 90

1). Circuit et déplacement voiture 90

2). Lecture des déplacements pédestres sur l'espace 93

a). Des impacts qui traduisent des comportements de déplacements pédestres 93

b). Comportement de déplacements des visiteurs 96

Section 3. Le système de déplacement 100

A. Deux "boites noires" 100

1). Le premier processus : le choix de l'espace à découvrir 101

2). Le second processus : la visite et le déplacement 106

a). Les déplacements voiture 106

b). Les déplacements pédestres : la visite 106

B. Les trois éléments ou sous systèmes qui composent le système de déplacement 107

1). Un système complexe d'interactions 107

2). Trois éléments en interaction 108

C. Un espace fonctionnel et hiérarchisé 109

1). L'organisation systémique de l'ensemble espace - déplacements 109
2). Un espace de déplacement 111
a). Un espace réseau fonctionnel 112
b). Définir des unités de mesure 113
Conclusion 114

CONCLUSION 116

PARTIE 2. FORMALISATION DES DÉPLACEMENTS 118

INTRODUCTION : QUE MODÈLISE-T-ON ? ET POURQUOI ? 119

CHAPITRE 1. POSITIONNEMENT DU MODÈLE FRED 121
Introduction 121
Section 1. Choix du modèle théorique 121
A. Choix des processus à modéliser 122
1). Tenir compte de l'échelle du déplacement 122
2). Les modèles comportementaux à choix discrets 124
B. Les modèles d'interactions spatiales 126
1). Le choix du modèle spatialisé 127
2). Le modèle gravitationnel 129
Section 2. Modèles de déplacements récréatifs 131
A. Modèles de déplacements à petites échelles 131
1). Le modèle de déplacement de Baxter et Ewing 132
a). Un modèle gravitaire d'ajustement 132
b). Ajustement 133
c). Le poids de l'espace dans les attractivités 134
d). Une dépendance au "voisinage" 136
e). Le graphe pour représenter l'espace d'accueil 137
2). Modèle de pratiques récréatives dans une région naturelle 138
B. Modèle de déplacements à grandes échelles 139
1). Modélisation multi-agents 140
a). Définition et concepts 140
b). Les exemples de modèles généraux sur les SMA 142
c). L'espace comme un agent 143
d). Multi-échelles et contraintes techniques 145
2). Modèle de diffusion pédestre 146
Conclusion 151

CHAPITRE 2. FONDEMENTS THÉORIQUES DU MODÈLE FRED 153
Introduction 153
Section 1. Les facteurs de déplacements 155
A. Deux concepts fondamentaux du modèle 155

1). L'accessibilité 156
2). Les attractions 158
a). Modèle de potentiel 158
b). Primauté de la masse sur la distance 159
c). L'influence du voisinage 160
B. Les trois éléments en interaction 162
1). Le visiteur 163
a). Un agent spatial qui possède un comportement de diffusion 163
b). Un agent qui possède une perception de l'espace 164
c). Un agent qui intègre l'espace dans sa globalité 165
d). Un agent qui segmente le temps 166
2). Le lieu 169
a). La masse, une offre spatiale absolue 169
b). Le poids, une offre spatiale relative 170
3). Le réseau 171
a). Structure du réseau 171
b). La mobilité des visiteurs 173
c). Un réseau hiérarchisé par les circulations 175
d). Un réseau normé par la distance 177
C. Un déplacement bi-échelles 179
1). Deux déplacements complémentaires 179
2). Les binômes fonctionnels 179
3). Modélisation de l'espace d'accueil par un graphe bi-échelles 181
a). Représentation de l'espace par un graphe 181
b). Connexité du graphe et circulation 183
c). Le zoom inter nodal et différenciation des espaces de déplacements pédestres 184
4). Le problème de la modélisation de l'espace par un graphe 187
Section 2. Formalisation des interactions entre les trois éléments 188
A. Evaluation de "l'offre spatiale naturelle" 189
1). Principe 189
2). Formalisation 190
B. Evaluation des attractions 192
1). Principe 192
2). Formalisation 194
C. Calcul des probabilités 196
1). Principe 196
2). Formalisation 196
Conclusion 198

CONCLUSION 200

PARTIE 3. MODÉLISATION DES DÉPLACEMENTS 202

INTRODUCTION 203

CHAPITRE 1. CONSTRUCTION DU MODÈLE FRED 205

Introduction 205

Section 1. Présentation du modèle 205

A. Les objectifs du modèle 205

1). Que calcule-t-on ? 205

2). Deux modules de programmation 206

3). Un travail de programmation orienté vers une souplesse d'utilisation 207

B. Les différentes fonctionnalités du logiciel FRED pgr sur l'espace 208

1). Digitalisation 208

2). Calcul de fichiers 208

3). Gestion des simulations et des résultats 208

4). Gestion cartographique par l'imagerie informatique 209

Section 2. Modélisation de la répartition des flux de visiteurs sur le graphe route 210

A. Principes généraux du module de déplacement voiture 210

1). Modéliser les trois éléments en interactions 210

2). Principe du module 211

3). Algorithme Général du modèle 213

B. Construction du graphe route 214

1). Sélection et digitalisation des nœuds 214

2). Valuation des nœuds 215

a). Les nœuds fixation ou parking 215

b). Les nœuds patrimoine 215

c). Les nœuds émetteurs de flux entrants 215

d). Structure du fichier noeuds 216

3). Digitalisation et valuation des arcs 216

C. Les itinéraires optimaux 217

1). Principe 217

2). Calculs des chemins minimaux 218

a). Préparation du graphe par la matrice des arcs minimaux 218

b). Algorithme de Floyd 218

3). Création des fichiers associés aux trajets minimaux 219

a). Création des fichiers origine-destination 219

b). Fichiers circuit des cheminements 220

D. Modélisation des déplacements sur le graphe route 221

1). Module de calculs FRED pgr 221

2). Programmation de la formalisation analytique 223

a). Module de calcul des offres spatiales relatives 224

b). Module de calcul des attractions absolues 225

c). Calculs des probabilités de répartitions 226

d). Ouverture sur le calcul des cheminements pédestres 229
Section 3. Modélisation des déplacements pédestres sur le graphe sentier (module FREDpgs) 230
A. Le graphe MNT 232
1). Le graphe MNT 232
2). Les nœuds MNT 234
3). Valuations des arcs MNT orientés 235
B. Le graphe sentier 237
1). Hypothèses sur contraintes de déplacements 237
2). Un modèle qui génère un espace 238
3). Détermination du graphe potentiel de cheminement 238
a). Vers un modèle d'automates cellulaires 239
b). Deux contraintes de la diffusion 241
c). Les visiteurs comme agents spatiaux 241
4). calcul des cheminements potentiels sur l'espace naturel. 243
a). Prise en compte de l'aller et du retour 243
b). Cartographie des résultats 244
5). Edition du graphe sentier 246
C. Le calcul des cheminements pédestres 246
1). Transformation de l'hypothèse de déplacement des visiteurs 246
2). Principe du calcul des cheminements 248
3). Conditions des simulations des déplacements 250
Conclusion 252

CHAPITRE 2. AJUSTEMENTS ET APPLICATIONS 254
Introduction 254
Section 1. Calibrage des indicateurs spatiaux des déplacements 255
A. Ajustement et calibrage du modèle 255
1). Principes et objectifs 255
2). Méthode et conditions des calibrages 256
a). "Inputs" des variables du calibrage 256
b). Calculs de l'ajustement par étape successive 257
c). Calculs régressifs 258
B. Conditions initiales sur les Ecrins et les Hautes Vosges 259
1). Les valeurs de référence de l'ajustement, l'importance des bases de données sur l'espace 260
2). Les portes d'entrée des flux 262
3). Niveaux d'équipements des sites 265
4). Les résultats 265
Section 2. Analyse des contraintes spatiales de déplacements 266
A. Résultats Vosges 266
1). Une population homogène de visiteurs 266
2). Des déplacements voiture distincts 267

a). Des déplacements différents dans la journée 267
b). Des seuils de déplacements 269
c). Deux déplacements distincts 270
d). Des sous-espaces distincts 273
3). L'importance de la morphologie du réseau sur les répartitions 275
a). L'effet réseau sur les répartitions 275
b). Poids des contraintes spatiales sur les attractivités 280
4). Distribution et homogénéité de l'attractivité 286
a). Importance du voisinage 286
b). Coefficient d'autocorrélation spatiale de Geary 286
c). Une distribution homogène et des répartitions hétérogènes 288
5). Introduction à un "champs d'indifférence" 290
B. Résultats Ecrins 291
1). Une fréquentation radicalement différente des Vosges 291
2). Des contraintes spatiales spécifiques 292
3). Une topologie spécifique 294
C. Simulations des impacts des déplacements pédestres 296
1). Conditions d'utilisation du module pgs 296
2). Une fréquentation sélective sur l'espace 297
3). Des impacts différenciés 298
4). Le retour 300
5). Espace théorique 301
6). Exemple d'applications sur le Tanet 307
Section 3. Applications 310
A. évaluation d'un projet de fermeture de la route des crêtes sur les Hautes Vosges 310
1). Route des crêtes 310
2). Simulation de la coupure de la route des crêtes 313
3). Simulation d'un aménagement accompagnant la fermeture de la route des crêtes 315
B. Impacts de la coupure sur les cheminements pédestres 322
1). Conditions initiales 322
2). Cheminements après la coupure route des crêtes 322
3). Cheminements après les aménagements d'accompagnement 324
Conclusion 326

CONCLUSION : DOMAINE DE VALIDITÉ DU MODÈLE 329

CONCLUSION GÉNÉRALE 332

ANNEXES 340

Annexe 1 : Carte des Hautes Vosges 341
Annexe 2 : Structure de l'espace naturel des Hautes Vosges (Secteur de la route des crêtes) 342

Annexe 3 : Carte de la réserve naturelle du Tanet-Gazon du Faing 343
Annexe 4 : Carte des Ecrins 344
Annexe 5 : Caractéristiques de l'offre spatiale des parkings - Vosges 345
Annexe 6 : Caractéristiques de l'offre spatiale des parkings – Ecrins 347
Annexe 7 : Comptages parkings – Vosges 348
Annexe 8 : Flux de fréquentations pédestres du massif des Hautes Vosges 350
Annexe 9 : Méthode de calcul de l'Indice "type site" 351
Annexe 10 : Caractéristiques des parkings sur les Vosges 352
Annexe 11 : Caractéristiques des parkings sur les Ecrins 354
Annexe 12 : Meilleurs résultats du calibrage sur les Vosges 355
Annexe 13 : Tableaux des résidus 357
Annexe 14 : Courbes des résultats du calibrage sur les Vosges 358
Annexe 15 : Meilleurs résultats du calibrage sur les Ecrins 359
Annexe 16 : Tableaux coefficients d'autocorrélation spatiale - Vosges 360
Annexe 17 Présentation du Logiciel FRED 362

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 368

TABLE DES TABLEAUX 389

TABLE DES FIGURES 391

TABLE DES MATIÈRES 394