



HAL
open science

Localisation commerciale multiple: une application du traitement du signal et du modèle p-médian au développement d'un réseau de magasins de produits biologiques

Jérôme Baray

► To cite this version:

Jérôme Baray. Localisation commerciale multiple: une application du traitement du signal et du modèle p-médian au développement d'un réseau de magasins de produits biologiques. Sciences de l'Homme et Société. Université de Rennes 1, 2012. Français. NNT: . tel-01121627

HAL Id: tel-01121627

<https://hal.science/tel-01121627>

Submitted on 3 Mar 2015

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

ÉCOLE DOCTORALE
de Sciences Économiques et de Gestion
de l'Université de RENNES I

**LOCALISATION COMMERCIALE MULTIPLE:
UNE APPLICATION DU TRAITEMENT DU SIGNAL ET
DU MODELE P-MEDIAN AU DEVELOPPEMENT D'UN
RESEAU DE MAGASINS DE PRODUITS BIOLOGIQUES**

THÈSE DE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE RENNES I
MENTION SCIENCES DE GESTION

Mention très honorable avec félicitations du jury.

Présentée et soutenue publiquement par

Jérôme BARAY

le 3 décembre 2002

JURY

<u>Directeur de thèse</u>	Gérard CLIQUET	Professeur à l'Université de Rennes I
<u>Rapporteurs</u>	Jacques-Marie AURIFEILLE	Professeur à l'Université de la Réunion
	Alain JOLIBERT	Professeur à l'Université Pierre Mendès-France de Grenoble
<u>Suffragants</u>	Philippe ROBERT-DEMONTROND	Professeur à l'Université de Rennes I,
	Alexandre STEYER	Professeur à l'Université de Paris I



CREREG

Centre de REcherche Rennais en Economie et en Gestion
UMR CNRS C6585

LOCALISATION COMMERCIALE MULTIPLE :

UNE APPLICATION DU TRAITEMENT DU SIGNAL ET DU MODELE P-MEDIAN AU DEVELOPPEMENT D'UN RESEAU DE MAGASINS DE PRODUITS BIOLOGIQUES

Sommaire

Introduction générale.....	1
Partie I : <u>La localisation commerciale multiple: enjeux et théories</u>.....	19
Chapitre 1 : Enjeux et pratiques de la localisation commerciale	20
Chapitre 2 : Les théories de la localisation	57
Chapitre 3 : L'apport du traitement du signal dans le modèle p-médian.....	113
Partie II : <u>La localisation d'un réseau</u>	193
Chapitre 4 : Analyse d'un réseau de points de vente de produits biologiques dans l'Ouest parisien	194
Chapitre 5 : Mise au point d'un système rapide d'aide à la décision de localisation.....	240
Chapitre 6 : Comparaison et implications managériales et stratégiques	260
Conclusion générale	300
Bibliographie.....	312
Table des matières.....	332
Tables des illustrations.....	335
<i>Annexe A : Cartes des clients géocodés par arrondissement et communes de périphérie</i>	<i>339</i>
<i>Annexe B : Répertoire français-anglais des termes du traitement du signal et de l'analyse automatique d'image</i>	<i>344</i>

Introduction générale

Les regroupements massifs des réseaux de distribution ces dernières années et la conjoncture fluctuante et imprévisible ont rappelé que leur organisation n'était jamais figée et restait soumise à la loi impitoyable de la concurrence. De 1995 à 2000 surtout, les opérations de fusions-acquisition se sont répandues dans l'ensemble des pays développés en atteignant la dernière année 1143 milliards de dollars, soit une progression de 49,2 % en 1999 (source www.Ipsifaxo.com). L'Union Européenne, à elle seule, a compté pour 64,4 % de ces réorganisations et les Etats-Unis pour 14,6 %. Les avantages recherchés sont en général :

1°) l'effet de taille : une entreprise de taille optimale permettrait d'atteindre une meilleure rentabilité, mais cette hypothèse est sujette à de nombreuses controverses (par exemple dans le domaine bancaire, de petits établissements centrés sur leur clientèle peuvent coexister à côté de mastodontes)³¹⁶;

2°) des économies d'échelle : une fusion permettrait de réduire les coûts de fonctionnement même si les coûts humains et organisationnels, parfois imprévisibles, peuvent perturber le simple calcul économique des gains escomptés par une telle manœuvre.

Mais l'avantage le plus immédiat d'une fusion est d'obtenir une part de marché plus importante sur son secteur et dans le cas de la distribution de biens ou de services, une bien meilleure présence et une couverture du marché géographique, un accès plus aisé aux grands médias et une meilleure efficacité logistique³¹⁷. Cela dit, certaines entreprises subissent plutôt les fusions qu'elles ne les souhaitent réellement, sachant que celles-ci sont souvent le résultat de la déréglementation des marchés comme dans le secteur de la banque ou de l'assurance³¹⁸ (réduction des entraves à l'accès aux services financiers de détail).

³¹⁶ FILSER M. (1998) Taille critique et stratégie du distributeur. Analyse théorique et implications managériales, *Décisions Marketing*, Numéro : 15, p.7-16.

³¹⁷ CLIQUET G. (1998) Valeur Spatiale des Réseaux et Stratégies d'Acquisition des Firmes de Distribution, in *Valeur, Marché et Organisation*, Ed. J-P. Brechet, Presses Académiques de l'Ouest.

³¹⁸ UNI-Europa Finance (2000) L'impact des Fusions dans le Secteur de la Banque et de l'Assurance, *Rapport Interne d'Entreprise*, janvier 2000.

Les fusions ou tout simplement les difficultés financières des entreprises ne sont pas les seules responsables des réorganisations de réseaux de distribution ou de l'appareil industriel. Le progrès technique et l'introduction de nouvelles technologies (Internet, distributeurs automatiques) remettent périodiquement en question en particulier la pertinence des localisations commerciales. Par exemple en Belgique, alors que le nombre d'agences bancaires a diminué de 24 % de 1993 à 1998 (en passant de 17 757 à 13 444 en 5 ans), le nombre de distributeurs automatiques de billets s'est accru de 150 % (2 636 distributeurs à 6 323)³¹⁹. Afin de compenser cette baisse importante du nombre d'agences, les banques développent en parallèle les services de banque par téléphone ou sur Internet moins coûteux en terme d'exploitation.

Ainsi, des dizaines de grandes entreprises et des centaines de filiales cherchent à ou se voient contraintes de restructurer leur mode de production dans les secteurs industriels et leur réseau de distribution pour celles dont l'activité se situe dans le domaine de la distribution des biens ou des services. Ces quelques lignes du rapport d'activité d'une grande entreprise comme France Télécom sont évocatrices : « *Amorcé en 2000, un programme de relocalisation vise à implanter les agences dans les meilleures zones de chalandise. A la fin 2001, près de la moitié des agences auront été relocalisées* »³²⁰. Cette société en proie à des difficultés financières compte en effet selon d'autres propos fermer à moyen terme 10 % de ses agences, agences qui regroupent 35 % des effectifs de l'entreprise soit près de 130 000 salariés³²¹. De nombreux cas illustrent, de manière concrète, l'impact énorme d'une fusion sur les implantations commerciales des sociétés. La fusion de la banque Lloyds avec le TSB Group en décembre 1995, a propulsé l'ensemble au deuxième rang des groupes bancaires britanniques, derrière le géant HSBC-Midland. Cela s'est traduit par un bénéfice avant impôt de 31 milliards de francs en 1997 en hausse de 26 % et un profit net de 23 milliards en hausse

³¹⁹ Source des données : entreprise ABB.

³²⁰ FRANCE TELECOM (2001) *Rapport d'Activité de la Société*, Mars 2001.

³²¹ LES ECHOS (2001) *Les Echos Magazine*, parution du 28 août 2001.

de 48 % par rapport à 1996 : « deux ans après la fusion, le groupe a déjà réduit ses coûts de fonctionnement annuels de 2,2 milliards de francs et prévoit encore de réaliser 4 milliards d'économies à travers l'intégration des deux réseaux d'ici 1999. L'intégration des réseaux des deux banques devrait se traduire par la fermeture de 650 agences et 10 000 suppressions d'emplois (sur un effectif de 82 500 salariés). »³²²

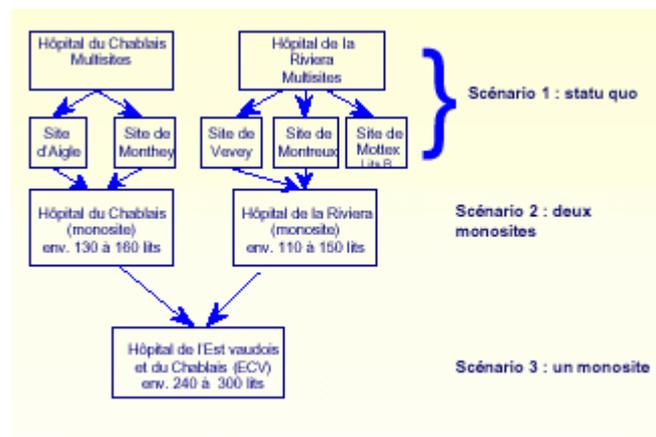
Pour des entreprises comportant plusieurs centaines de points de vente ou même plusieurs milliers comme dans le cas des agences de compagnies d'assurance ou de banque, la réorganisation d'un réseau s'avère être une tâche colossale. Chaque point de vente ou agence doit être passé à la loupe, comparé en termes de rentabilité, de chiffre d'affaires et de zone de chalandise par rapport à ses plus proches voisins dans certains cas concurrents par le passé et désormais, partenaires d'un même réseau. Les sacrifices sont très souvent inévitables pour éviter le double emploi de points de vente et améliorer la rentabilité du nouvel ensemble. Cet examen en détail des situations individuelles de chaque élément du réseau doit être particulièrement bien mené afin de ne pas supprimer des points de vente ou des agences stratégiques pour la bonne rentabilité ou même pour la survie du groupe. Ce constat est tout aussi valable dans les services publics que privés. Par exemple pour la Poste Suisse soumis à une prochaine libéralisation du marché de la distribution du courrier : "*dans un délai de cinq ans, l'entreprise va réduire ce réseau de 140 à 180 unités par année, pour conserver à terme 2500 à 2700 offices de poste. Cette évolution se déroulera dans des conditions sociales acceptables, et le service public restera garanti sur l'ensemble du territoire national. Les syndicats ont donné leur accord à la procédure envisagée, qui, à terme, permettra à la Poste d'économiser quelque 100 millions de francs par année.*"³²³ Les bureaux de poste avec leur hiérarchie (bureau de poste principal ou secondaire) constituent les éléments d'un réseau dans

³²² BEHBAHANI A. et HOZMAN H. (1998) *La Concentration dans le Secteur Bancaire*, Mémoire de maîtrise d'Economie mention Economie Internationale, Monnaie et Finance, Université des Sciences Sociales de Toulouse.

³²³ LA POSTE SUISSE (2001) *Communiqué de Presse*, <http://www.poste.ch>

la distribution du courrier avec les centres de tri en amont et les facteurs en aval qui acheminent le courrier à domicile. On conçoit donc aisément que la suppression d'un bureau de Poste engendre des conséquences notables sur l'organisation de tout le réseau de distribution du courrier. Même chose pour d'autres services publics comme les réseaux de services hospitaliers qui cherchent dans la majorité des pays à rationaliser leur fonctionnement.

Parfois, ne s'agit-il pas forcément d'une suppression pure et simple, mais d'un recentrage de deux activités ou plus en une relocalisation plus optimale. Mais encore faut-il que les différentes parties impliquées de près ou de loin dans le fonctionnement de ces activités (dirigeants, salariés, clients, fournisseurs ou même hommes politiques) trouvent leur compte dans ce recentrage. Ainsi en est-il du cas de figure suivant qui illustre la réorganisation d'un ensemble de cinq sites hospitaliers dans le canton de Vaud en Suisse où il s'agissait de choisir entre le statu quo, le regroupement en deux monosites ou bien la création d'un monosite entraînant la disparition des centres de soin initiaux³²⁴.



Introduction - Fig. 1: Scénarii de la réorganisation de sites hospitaliers dans le canton de Vaud

Les critères de sélection entre ces trois scénarii retenus étaient la taille optimale du bassin de captation, la flexibilité, l'accessibilité et la proximité des installations vis-à-vis du public, et la rentabilité ou l'efficacité relative de chaque scénario.

³²⁴ CAP GEMINI / ERNST & YOUNG (2000) Etudes de Divers Scénarii d'Organisation liés aux Hôpitaux du Chablais et de la Riviera, *Rapport Final pour le Département de la Santé / Service Santé Public*, p.3-16

	SCENARIO		
	1	2	3
▢ Taille optimale du bassin de captation (atteinte masses critiques)	1	1	3
▢ Flexibilité	1	2	3
▢ Accessibilité	4	4	3
▢ Proximité	4	3	3
▢ Rentabilité / efficience	1	2	4
Total de points	11	12	16

Introduction - Fig. 2 : Notation des scénarii de la réorganisation de sites hospitaliers dans le canton de Vaud

Un système de notation pondérée a bien mis en évidence que le scénario 3 du regroupement des cinq hôpitaux en un seul était le cas le plus favorable bien que l'on puisse s'interroger sur la rationalité du système de notation non-explicité. Mais, les différents acteurs ont tous eu des vues différentes sur le site exact d'implantation de cet hôpital unique, les dirigeants des cinq centres souhaitant chacun agrandir le leur au détriment des autres, les habitants désirant être au plus proche du futur site,... d'où un gros problème décisionnel en perspective qui ne pourra que retarder le projet ou même remettre en cause le choix du scénario du site hospitalier unique pour la région ! D'autres contraintes dans le processus de réorganisation viennent alors immédiatement à l'esprit : comment établir un processus de décision plus rationnel avec une force de démonstration telle que le scénario en découlant fasse l'unanimité entre tous les acteurs ?

D'un autre côté, on remarque depuis les années 60, une profonde mutation dans la distribution des produits et des services caractérisée par la réticulation des activités commerciales ³²⁵. Bien que l'apparition des premières chaînes de magasins date de la seconde moitié du XIXème siècle, le développement des réseaux d'agences bancaires, de supermarchés et hypermarchés, de concessionnaires automobiles, de chaînes d'hôtels s'est considérablement accéléré. On évalue qu'à l'heure actuelle, les chaînes de magasins

³²⁵ CLIQUET G. (2000) Plural Form in Store Networks : A Model for Store Network Evolution, *The International Review of Retail, Distribution and Consumer Research*, vol. 10, n°4, pp 369-387.

représentent près de la moitié du commerce du détail aux Etats-Unis ^{326 327}. Les formes organisationnelles prises par ces groupes sont variées. L'organisation en succursales même si elle coûte cher, favorise l'opérateur du réseau en ce qui concerne son pouvoir et le contrôle des différentes entités. Le système de franchise outre son développement à moindre coût, permet au réseau d'avoir une réactivité plus élevée sur le marché local, tout comme d'accéder à une connaissance plus fine du marché et de responsabiliser les gérants qui possèdent alors une affaire bien à eux ^{328 329}. Des formes mixtes associant succursales et franchises permettent dans certains cas, de tirer profit des avantages de chaque type d'organisation en particulier par ^{330 331} :

- ▶ une plus grande souplesse stratégique : il est plus facile d'acquérir par exemple des hôtels individuels en proposant à l'entrepreneur une formule de rachat ou de franchise,
- ▶ une implication et une démonstration des capacités du franchiseur accrues par sa responsabilisation,
- ▶ une meilleure efficacité économique : les franchises stimulent le développement du réseau et les filiales participent beaucoup à l'amélioration des résultats financiers ³³²,
- ▶ une plus grande souplesse d'organisation : il est plus facile à une organisation mixte de répondre aux évolutions comportementales du client et de l'environnement juridique (loi Raffarin par exemple). L'innovation s'enrichit par un travail conjoint du franchiseur et des franchisés tout comme l'information également de meilleure qualité.

³²⁶ BRADACH J.L. (1998) *Franchise Organizations*, Harvard Business School Press, Boston, Ma.

³²⁷ CLIQUET G. (2000) Plural Form in Store Networks : A Model for Store Network Evolution, *The International Review of Retail, Distribution and Consumer Research*, vol. 10, n°4, pp 369-387.

³²⁸ BRICKLEY J.A., DARK F.H. (1987) The Choice of Organizational Form : The Case of Franchising, *Journal of Financial Economics*, 18, 401-20.

³²⁹ CAVES R.E. , MURPHY II W.F. (1976) Franchising : Firms, Markets, and Intangible Assets, *Southern Economic Journal*, 42, 572-86.

³³⁰ CLIQUET G. (2000) Plural Form in Store Networks : A Model for Store Network Evolution, *The International Review of Retail, Distribution and Consumer Research*, vol. 10, n°4, pp 369-387.

³³¹ BRADACH J.L. (1998) *Franchise Organizations*, Harvard Business School Press, Boston, Ma

³³² BRIEC W., CLIQUET G. (1999) Plural Forms Versus Franchise and Company-owned Systems : A DEA Approach of Hotel Chain Performance, *28th EMAC Conference*, Berlin, May, 11th-14th 5proceedings on CD-ROM).

- ▶ une stimulation de la dynamique commerciale avec une concurrence plus constructrice entre les franchisés et les filiales. Au niveau local, l'animation commerciale est facilitée par l'effet synergique des efforts mis en commun de toutes les entités du réseau,
- ▶ une maîtrise de la rapidité de développement du groupe par rapport à l'assimilation du concept : le développement peut se faire rapidement par la création de franchises alors que les filiales permettent de mailler le territoire tout en assimilant graduellement le concept.

Ainsi, qu'il s'agisse de la création pure d'un réseau ou de sa réorganisation et quel que soit le mode d'organisation choisi, un choix précis de la localisation de ses différents points de vente est indispensable tout comme une certaine rapidité des prises de décision et de leur application dans ce domaine. Toute organisation commerciale doit en effet avoir une capacité de réaction correspondante à la rapidité du changement afin d'assurer sa survie^{333 334}, cette capacité de réaction se décomposant en temps de perception, temps de prise de décision et temps d'exécution. Il apparaît clair que la qualité de la décision concernant les localisations commerciales d'une chaîne dépendra étroitement de celle de son système d'information et que la bonne exécution de la décision sera influencée par sa maîtrise. Concrètement, quelques mois de trop de fonctionnement d'un réseau "boiteux" peut aller jusqu'à représenter des millions ou des dizaines de millions d'euros de coûts supplémentaires pour un réseau d'importance moyenne (de quelques dizaines à trois cents points de vente) qui auraient été économisés si la procédure avait été plus rapide. Dans certains cas, un retard dans la restructuration d'un réseau est susceptible de pénaliser lourdement la performance d'une entreprise et de faire fléchir irrémédiablement le cours de ses actions même si ce retard n'est pas forcément imputable au processus de restructuration lui-même. En témoignent les

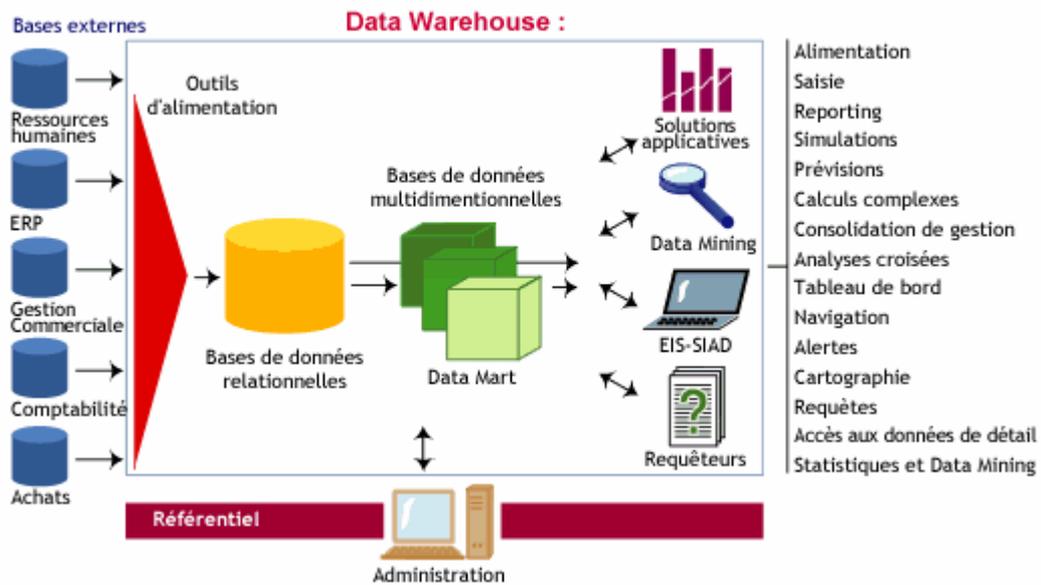
³³³ VERAN L. (1991) *La prise de Décisions dans les Organisations : Prise de Décision et Changement*, Les Editions de l'Organisation.

³³⁴ CLIQUET G. (2000) Plural Form in Store Networks : A Model for Store Network Evolution, *The International Review of Retail, Distribution and Consumer Research*, vol. 10, n°4, pp 369-387.

péripéties de la réorganisation de Swiss Telecom planifiée dès sa privatisation partielle : *"si Swiss Telecom n'aura pas à supporter une lourde dette, son plan de restructuration va tout de même engoutir 3 à 4 milliards de francs. Sans attendre l'issue des débats parlementaires, l'entreprise prépare déjà la réforme de ses structures et devrait annoncer sous peu les noms de ses futurs dirigeants. Plus qu'un affrontement entre la gauche et la droite, le Parlement redoute le lancement d'un référendum. A l'origine, la Suisse voulait prendre l'Europe de vitesse. Au mieux, elle aura quelques mois d'avance. Au pire, en cas de votation populaire, deux ans de retard. Dans un tel scénario, le capital de Swiss Telecom serait considérablement dévalué. Car, en l'an 2000, le marché des télécommunications sera agité et risqué."*³³⁵ La compétitivité d'une grande entreprise comme Swiss Telecom peut donc être amoindrie d'une manière irréversible si la réorganisation de son réseau commercial n'est pas effectuée en temps et en heure. Il s'agit donc non seulement de ne pas rater le train du changement quel qu'en soient les motifs, mais aussi de savoir très vite où l'on veut diriger l'entreprise.

D'où cette problématique gestionnaire qui en découle : quel outil de réorganisation ou de déploiement d'un réseau de points de vente sur le plan de la localisation à la fois rapide, précis et démonstratif peut-on utiliser dans un tel cas ? Il s'agit également de ne pas perdre de vue, dans cette réflexion managériale, le fonds de commerce des points de vente à savoir, leur clientèle. Les grands distributeurs, les banques, les assurances possèdent des bases de données très élaborées sur leur clientèle. Les data warehouse ou "entrepôts de données" qui rassemblent l'ensemble des données (marketing, comptables, ressources humaines, achats, production,...) de l'entreprise, mais aussi son système d'information décisionnel en sont un exemple.

³³⁵ L'HEBDO (1998) Le "T" qui Vaut 20 Milliards de Marks, *L'Hebdo* N°47, 21 novembre 1996



Introduction - Fig. 3 : Schéma d'un data warehouse classique dans une entreprise³³⁶

Adossés au data warehouse, les outils de data mining ou de "forage des données" ou encore "d'extraction de la connaissance" font apparaître les corrélations cachées qui existent au sein du gisement de données de l'entreprise. Ces outils sont de trois types : *les filtres* qui sélectionnent certaines catégories de données (ex: les points de vente ayant un chiffre d'affaires inférieur à moins de 80 % de l'objectif), *les outils fondés sur l'intelligence artificielle* qui découvrent des relations logiques entre les variables, *les agents intelligents* capables de naviguer en permanence dans les différentes bases de données et élaborent ainsi de nouvelles connaissances même en l'absence de l'utilisateur.

En particulier, les hypermarchés se sont constitués des bases de données monumentales à partir des sorties de caisse qui répertorient le type d'achats effectués par les clients (nombre d'articles, panier moyen, liste des articles par client obtenus classiquement grâce au système code barre / scanner, et également possibilités de suivi des achats de certains clients identifiés par leurs moyens de paiement ou par leur carte de fidélité,...). Les magasins d'importance plus modeste, les hôtels, les restaurants peuvent aussi se constituer ce type de données toujours grâce à un matériel informatique et des logiciels spécifiques (Ok-Gestion,

³³⁶ Source : <http://www.businessdecision.com>

WinCash, Gest-Mag pour les caisses individuelles, Cocktess pour les restaurants ou bars, SHS pour les hôtels, Columbus ou Winmaster pour des caisses en réseau,...).

Les distributeurs automatiques savent également établir des statistiques très précises sur leurs clients et peuvent même les suivre à la trace. Les sociétés de transport public, les sociétés de gestion des autoroutes ou de parking, les cinémas ont développé des cartes à puce avec et sans contact qui permettent au client de franchir péages, portillons de station de métro, parkings ou salles de cinéma (systèmes commercialisés par la société Ascom et King Products Inc.),... De la même façon, les agences bancaires possèdent un suivi des retraits d'argent à partir de leurs distributeurs automatiques de billets (ex. logiciel Prognis pour DAB).

Les cabinets d'études de marché et les organismes spécialisés dans les habitudes de consommation, eux aussi, ont entre leurs mains des millions d'adresses de clients potentiels par secteur, par produit, par segment de marché : Consodata revendique par exemple le fait de posséder 22 millions de fiches nominatives sur les citoyens de 4 pays. Une société comme DoubleClick possède une technologie particulière lui permettant de connaître les habitudes de navigation de plusieurs millions d'internautes grâce à l'utilisation de cookies (fichiers résidents sur le disque dur rassemblant des informations personnelles du surfeur localisé sur le réseau Internet).

Les "géodonnées" sur les consommateurs ne manquent donc pas, mais les moyens de les exploiter de manière concrète font cruellement défaut. Les systèmes d'information géographique, les fameux SIG, constituent l'outil classique utilisé par un bon nombre d'entreprises pour analyser leurs données géomarketing³³⁷. Ces systèmes ne permettent malheureusement en fait que d'établir des cartographies un peu élaborées. Parmi ces SIG, citons les principaux :

³³⁷ CLIQUET G. (2002) *Le Géomarketing : Méthodes et Stratégies du Marketing Spatial*, Hermès, Paris.

- MapInfo : *"Reconnu comme étant l'outil cartographique le plus puissant et le plus intuitif en environnement bureautique, MapInfo Professional est distribué dans 54 pays, en 20 langues."*³³⁸ Parmi les seuls outils d'analyse marketing de MapInfo, on trouve un générateur d'isochrones, d'isodistances ou d'isocoût à partir d'un centre géographique donné (outil Chronomap).
- MacMap : *"il permet de créer et d'exploiter des bases de données intégrant une représentation des éléments géographiques (points, axes, surfaces...), associées à des données de format quelconque (numérique, alphabétique, date, heure...). Il est naturellement possible d'effectuer des requêtes (géographiques ou non) à partir de cette base de données, comme par exemple, chercher les points de vente situés le long de la N20 générant plus de 4 % du CA total, et de générer de nouvelles données et cartographies grâce à des modules de calcul."*³³⁹

Il existe encore de nombreux autres SIG tels Logicarte-SIG ou Carte & Données qui tous, n'offrent qu'une solution passive de représentation de données sous forme symbolique (points, camemberts, rectangles) superposée à une cartographie (appelée image raster et constituée de pixels) agrémentée de quelques opérateurs d'analyse statistique ou de création de requêtes, sans jamais intégrer une quelconque méthode de recherche de localisations optimales. L'absence de progrès des SIG dans ce domaine vient aussi sans doute de la difficulté technique d'établir une passerelle entre le géocodage et la représentation d'informations sur une carte et les techniques classiques de calcul des localisations optimales : au contraire d'une représentation planaire, ces techniques de localisation, nous le verrons plus loin, font en général au contraire appel à une représentation en réseau constitué de points (les nœuds du réseau) et de liaisons entre ces points. Le problème surgit donc du fait de l'incompatibilité entre la représentation en deux dimensions des cartographies d'informations géocodées et la

³³⁸ <http://w3.claritas.fr> : site Internet de Claritas France distributeur de MapInfo

³³⁹ <http://www.macmap.com> : site Internet du distributeur de Macmap

représentation monodimensionnelle des réseaux (*voir plus loin les modèles de localisation-allocation*³⁴⁰).

Nous démontrerons donc qu'il est possible de faire évoluer les systèmes d'information géographique existants vers de véritables outils de préconisation dans la recherche de localisations optimales. Nous établirons ainsi pour cela une passerelle entre les représentations cartographiques de ces systèmes et les réseaux utilisés traditionnellement en recherche de localisations. De plus, toutes les données très précises de localisation des consommateurs, réels ou potentiels, doivent pouvoir être prises en compte dans un nouvel outil de décision capable d'aiguiller le manager sur les emplacements optimaux des futurs points de vente de son réseau. Tel est en effet le but de notre présente démarche : découvrir et démontrer la faisabilité d'un nouvel instrument de décision précis, rapide et également démonstratif pour sélectionner les meilleurs emplacements commerciaux dans l'optique d'une restructuration ou de la création d'un réseau de points de vente.

Il est un fait que cet outil performant ne connaît à ce jour pas réellement d'existence, chose confirmée par la lenteur des réorganisations de réseaux qui même, sans connaître de problèmes sociaux, peuvent prendre de nombreuses années. La majorité des responsables que nous avons interviewés (Chambre Syndicale des Banques Populaires, AGF, Groupe Etam, CCF, Groupe AXA) nous ont d'ailleurs généralement fait part d'un déficit de méthodes en ce qui concerne l'optimisation de la localisation des agences ou des boutiques malgré l'énorme quantité de données disponibles : trop d'informations tue l'information pourrait-on clamer ! Qu'il s'agisse de la création pure ou bien de la réorganisation d'un réseau, le manager est constamment en proie à des doutes, à des interrogations sur la méthodologie à suivre pour localiser de la meilleure façon ses futurs centres de profit. Il se sent généralement frustré et impuissant devant tous ces monceaux de données géomarketing qu'il n'a pas les moyens

³⁴⁰ WEBER A. (1909) *Über den Standort der Industrien*, Tübingen, Traduction Anglaise de Friedrich (1929) *Theory of the Location of Industries*, University of Chicago Press, Chicago.

d'exploiter ce qui est renforcé par le fait que son Directeur lui demande de justifier très précisément tous ses choix de localisation. Cela est sans compter que les conséquences d'une mauvaise décision d'implantation ne restent jamais inaperçues et se révèlent très rapidement dans les résultats financiers désastreux engendrés. L'investissement souvent onéreux dans les surfaces commerciales, est lui-même de nature pratiquement irréversible et des erreurs de localisation risquent d'obérer à jamais la rentabilité future de l'ensemble du réseau.

Quels sont aujourd'hui brièvement les moyens à disposition du décideur pour sélectionner la (ou les) localisation(s) optimale(s) dans la perspective d'une création intégrale ou d'une réorganisation de points de vente ? Les principales méthodes de choix de localisations se fondent sur les modèles gravitaires ou d'interaction spatiale³⁴¹ et sur les modèles de localisation-allocation. D'une manière générale, ces méthodes comparent plusieurs localisations potentielles en se fondant sur différents critères. Les modèles gravitaires^{342 343 344} ou d'interaction spatiale se fondent sur une analogie avec la loi de la gravitation, considèrent que chaque point de vente attire à lui d'autant plus de clients que son niveau d'attractivité est élevé. Cette attractivité est fonction de la proximité géographique du magasin avec sa clientèle ou encore d'autres facteurs comme la surface de vente³⁴⁵. Le modèle MCI (multiplicative competitive interaction) ou Modèle Interactif de Concurrence³⁴⁶ est une généralisation des modèles d'interaction spatiale pouvant intégrer d'autres facteurs d'attractivité que la distance ou la surface de vente tels que le service de paiement par carte bancaire, le nombre d'allées du magasin, le nombre de caisses, l'emplacement à une

³⁴¹ WILSON (1971) A Family of Spatial Interaction Models, and Associate Developments, *Environment and Planning A*, vol. 3, 1-32.

³⁴² REILLY W. J. (1931) *The Law of Retail Gravitation*, W. Reilly ed, 285 Madison Ave, New York, NY.

³⁴³ CONVERSE P.D. (1949) New Laws of Retail Gravitation, *Journal of Marketing* 14, p.379-384.

³⁴⁴ GUIDO P. (1971) Vérification Expérimentale de la Formule de Reilly en Tant que Loi d'Attraction des Supermarchés en Italie, *Revue Française de Marketing* n°39, p. 101-107.

³⁴⁵ HUFF D. L. (1964) Defining and Estimating a Trading Area, *Journal of Marketing*, Vol 28, p. 38.

³⁴⁶ NAKANISHI M. et COOPER L.G. (1974) Parameter Estimates for Multiplicative Competitive Interaction Models: Least Square Approach, *Journal of Marketing Research* 11: 303-311.

intersection³⁴⁷ ou même des facteurs subjectifs comme l'image du magasin^{348 349} dans le MCI subjectif^{350 351}. Ainsi, il s'agit d'abord de calculer les différents paramètres d'une formule donnant la probabilité qu'un client fréquente tel ou tel point de vente en fonction des paramètres précités le plus souvent par la méthode classique des moindres carrés³⁵². Mais, les méthodes d'interaction spatiale sont lourdes à mettre en œuvre et nécessitent un découpage géographique du territoire à analyser, découpage qui, nous le verrons, peut difficilement ainsi être établi de manière rationnelle.

La seconde catégorie de méthodes de localisation est constituée d'un autre côté par les modèles de localisation-allocation et leur résolution³⁵³. Ces modèles (représentés en général sous forme de réseaux constitués de nœuds et de segments inter-nœuds) et en particulier le modèle p-médian, sont l'un des moyens les plus rationnels à disposition pour optimiser la localisation d'un ensemble de p points de vente par rapport à un ensemble de n clients³⁵⁴. Mais, malgré des méthodes de résolution parfois très pointues, la mise en œuvre de ce modèle engendre un nombre de calculs si important que des solutions même approchées sont difficilement atteignables dès que le nombre de clients atteint quelques milliers compte tenu du nombre considérable de configurations de magasins à passer en revue. D'autre part, les solutions avancées par les hermétiques modèles de localisation-allocation ne sont ni très

³⁴⁷ JAIN K. et MAHAJAN V. (1979) Evaluating the Competitive Environment in Retailing Using Multiplicative Interactive Model, *Research in Marketing*, Vol. 2, Jagdish Sheth ed., Greenwich, Conn.: JAI Press.

³⁴⁸ NEVIN J.R. et HOUSTON M.J. (1980) Image as a Component of Attraction to Intraurban Shopping Areas, *Journal of Retailing*, Vol. 56, No. 1, pp.77-93.

³⁴⁹ COOPER L.G. et FINKBEINER C.T. (1983) A Composite MCI Model for Integrating Attribute and Importance Information, *Advance in Consumer Research*, 109-113.

³⁵⁰ STANLEY T.J., SEWALL M.A. (1976) Image Inputs to a Probabilistic Model: Predicting Retail Potential, *Journal of Marketing*, 40 (July), 48-53.

³⁵¹ CLIQUET G. (1995) Implementing a Subjective MCI Model: An Application to the Furniture Market, *European Journal of Operational Research* 84, 279-291.

³⁵² NAKANISHI M. et COOPER L.G. (1974) Parameter Estimates for Multiplicative Competitive Interaction Models: Least Square Approach, *Journal of Marketing Research* 11: 303-311.

³⁵³ WEBER A. (1909) *Über den Standort der Industrien*, Tübingen, Traduction Anglaise de Friedrich (1929) *Theory of the Location of Industries*, University of Chicago Press, Chicago.

³⁵⁴ ACHABAL D.D., GORR W.L. et MAHAJAN V. (1982) Multiloc : A Multiple Store Location Decision Model, *Journal of Retailing*, 58, 5-24.

démonstratives, ni très convaincantes pour le décideur qui n'est généralement pas un homme de l'art en la matière.

Dans la pratique, les professionnels font souvent appel à des méthodes statistiques plus simples et rapides mais très peu précises comme la méthode par le modèle de régression multiple ou la méthode analogique^{355 356}. En se fondant sur l'expérience, ces méthodes essaient en général dans un premier temps d'identifier quels sont les paramètres et critères socio-économiques qui influencent la performance du point de vente, et ensuite détectent les zones géographiques répondant à ces conditions pour y implanter un futur magasin. Les méthodes statistiques sont intéressantes pour cerner grossièrement les zones géographiques possédant globalement un certain potentiel commercial, mais se révèlent incapables de positionner avec soin le (ou les) futur(s) point(s) de vente. Elles ne tiennent pas compte de la localisation exacte des clients potentiels et ignorent en général la présence d'éventuels concurrents.

Nous pensons en revanche que les méthodes d'analyse dérivées de celles du traitement du signal et de l'analyse d'image associés au modèle p-médian peuvent répondre aux critères de rapidité, de précision et de capacité de traitement d'informations en grand nombre pour servir le géomarketing. En effet, les algorithmes développés pour traiter les images capturées en temps réel enregistrent les performances de vitesse les plus élevées au monde³⁵⁷. Conçus pour la rapidité, ils sont également capables d'assimiler d'énormes quantités de données puisque, à une image dynamique, correspondent au minimum plusieurs mégabits de données par seconde. Ainsi, l'apport de notre démarche est constitué par l'introduction de méthodes originales de filtrage et de convolution destinées à accélérer le traitement des données

³⁵⁵ APPLEBAUM W. (1968) The Analog Method for Estimating Potential Store Sales, *Guide to Store Location Research*, Addison-Wesley, Reading, Mass.

³⁵⁶ ROGERS D.S. (1980) 5 ways to Evaluate a Store Location, *Store Location*, 42-48.

³⁵⁷ CHESNAUD C. (2001) Activité de Simag - Développement en Recalage, Tracking et Reconstruction 3D, *Aux Frontières de l'Instrumentation et du Traitement d'Image*, Journée Thématique Organisée par le Pôle Optique et Photonique Sud, Marseille, 20 mars 2001, p.11.

géomarketing, méthodes ayant déjà fait leurs preuves dans le domaine des "sciences dures" : le filtrage permet par une multiplication de la valeur d'un signal à une ou plusieurs dimensions d'accentuer ou de lisser certaines parties dudit signal alors que la convolution consistant à intégrer un signal en utilisant un second signal comme poids offre la possibilité d'extraire par exemple les caractéristiques fondamentales d'informations géomarketing comme le contour des zones de chalandise. Ces moyens d'analyse issus de l'analyse d'image ou *visionique* nous serviront à introduire un nouvel algorithme fondé sur le modèle p-médian, pour faciliter la recherche de localisations optimales de points de vente, de points de services ou même d'entrepôts dans le domaine de la logistique.

Ainsi, nous montrons au *chapitre 1* dans la *première partie* de notre démarche, les enjeux de la localisation commerciale et nous présentons les méthodes actuelles de localisation faisant souvent appel à la notion de zone de chalandise tout en exposant leurs inconvénients. Dans le domaine de la localisation, les théories développées par de nombreux chercheurs, et objets du *chapitre 2*, ont largement devancé les méthodes utilisées en pratique, sans toutefois dans leur grande majorité, réussir à devenir populaire du fait de leur difficulté de mise en œuvre ou simplement de leur approche trop éloignée de la réalité. Ce chapitre nous permet d'introduire les modèles de localisation-allocation et en particulier le modèle p-médian dont les méthodes de résolution, on l'a dit, sont trop peu performantes pour donner lieu à des applications répondant aux attentes des professionnels. Le *chapitre 3* offre une réponse à ce déficit de méthode en montrant comment les principes du traitement du signal rappelés à ce moment, peuvent améliorer considérablement la formulation d'un problème de localisation multiple : cette approche permet, nous le verrons, de modéliser un problème de localisation en partant d'une base de données de clients potentiels, de simplifier l'approche de la recherche de localisations et de déterminer ainsi avec précision et de façon démonstrative les localisations

optimales tout en fournissant en parallèle des informations commerciales stratégiques comme les limites de zones de chalandise ou leur importance.

La *deuxième partie* de notre thèse fournit l'occasion de mettre en pratique notre méthode combinant traitement du signal et modèle p-médian pour la recherche de localisations optimales de magasins distribuant des produits bio dans l'Ouest Parisien. Le *chapitre 4* présente le marché récent et en plein développement du "bio" en France ainsi que les principaux réseaux commerciaux. Une base de données d'adresses de clients potentiels vis-à-vis des produits biologiques est géocodée et modélisée sous la forme d'un modèle p-médian grâce à certaines fonctions du traitement du signal. Le *chapitre 5* est l'occasion de résoudre le modèle simplifié obtenu pour dégager les localisations optimales de points de vente de produits biologiques. Enfin, le *dernier chapitre* montre la supériorité de notre méthode sur le plan de la précision, de la rapidité et de la démonstrativité comparée aux pratiques courantes dans le domaine de la localisation avec un éclairage particulier sur la localisation des réseaux de points de vente. Ce cheminement intellectuel met naturellement en lumière les nombreux autres avantages du traitement du signal associé au p-médian dans la gestion du point de vente. Les perspectives d'un apport du traitement du signal à d'autres problèmes de localisation-allocation comme la localisation de services publics seront alors évoquées

Partie I

**La localisation commerciale multiple :
enjeux et théories**

Chapitre 1 :

Enjeux et pratiques de la localisation commerciale

Introduction

Quel que soit le type d'activité commerciale considérée, le choix d'une bonne localisation est sans doute l'une des décisions les plus importantes qu'un manager doive prendre. L'emplacement du point de vente est en effet un investissement fixé sur le long terme et son choix bon ou mauvais se ressentira sur le niveau des ventes, sur la part de marché et sur la rentabilité de l'activité d'une manière d'autant plus importante que le niveau local de concurrence est élevé^{358 359}. Les prix peuvent être réexaminés, les services réorientés, les marchandises changées, mais une mauvaise localisation est une décision pénalisante parfois irréversible pour l'entreprise.

La sélection d'un site pour l'implantation d'un point de vente s'accompagne nécessairement, dans la plupart des cas, d'une mesure quantitative et parfois qualitative du potentiel commercial au voisinage du ou des emplacements pressentis, non seulement pour décider en finalité de la localisation la plus intéressante, mais aussi pour établir des prévisions de vente et élaborer une politique marketing adéquate. Nous verrons, dans le présent chapitre, précisément quels sont les enjeux de la localisation commerciale et comment déterminer ce potentiel commercial à travers la circonscription dans l'environnement du point de vente de la part la plus représentative des clients traditionnellement dénommée «*zone de chalandise*». La détermination de la zone de chalandise est en effet l'étape initiale fondamentale qui va orienter la recherche d'une localisation optimale de points de vente. Il est préférable de focaliser sa recherche dans les zones géographiques les plus porteuses, les plus riches en clients pour ne pas risquer de trouver une "*aiguille dans une botte de foin*" comme le dit le dicton populaire.

³⁵⁸ INGENE C.A. (1984) Structural Determinants of Market Potential, *Journal of Retailing*, Vol.60 N°I, p.37.

³⁵⁹ STANLEY T.J., SEWALL M.A. (1976) Image Inputs to a Probabilistics Model : Predicting Retail Potential, *Journal of Marketing*, 40, P.48

Prendre la décision d'ouvrir un point de vente présente toujours le risque financier de ne jamais voir l'activité devenir rentable : « *alors qu'une bonne localisation engendrera un chiffre d'affaires et des profits élevés, une localisation pauvre se transformera en dettes.* »³⁶⁰

Il sera possible cependant après coup de relocaliser le point de vente, mais au prix d'une charge financière importante³⁶¹. De plus, l'échec d'une implantation peut avoir des conséquences sur l'image de l'entreprise auprès de la clientèle³⁶². Au contraire, une localisation optimisée offrant un accès aisé aux produits ou aux services proposés drainera en effet un grand nombre de clients et induira une rentabilité élevée. La localisation d'un unique magasin se fondera beaucoup sur la sélection et sur la comparaison de plusieurs sites potentiels. Les chaînes de magasins devront prendre en considération de nombreux facteurs comme les objectifs de l'entreprise, ses ressources (financières, managériales et autres), ses capacités commerciales et logistiques, la concurrence, le marché potentiel, la démographie, le comportement des consommateurs, les facteurs environnementaux influençant la tendance économique, les transports, les lois gouvernementales (impôts et taxes) sans compter un adroit timing³⁶³. Le niveau à long terme de l'activité et de la rentabilité d'un tel réseau de magasins dépendra alors beaucoup des interactions et des relations entretenues entre ses différentes localisations et forces de vente.

Il n'y a pas à proprement parler de recette-miracle ou une science bien ordonnée pour choisir au mieux sa ou ses localisations commerciales. Alors que les décisions de choix d'implantation se fondaient dans les siècles précédents essentiellement sur un jugement

³⁶⁰ KIMES S.E. et FITZSIMMONS (1990) Selecting Profitable Hotel Sites at La Quinta Motors Inn, *Interfaces* 20, Mars-Avril 12-20.

³⁶¹ ACHABAL D.D., GORR W.L. et MAHAJAN V. (1982) Multiloc : A Multiple Store Location Decision Model, *Journal of Retailing*, 58, 5-24.

³⁶² GHOSH A. et McLAFFERTY S. (1987) *Location Strategies for Retail and Service Firms*, Lexington Books, p.10.

³⁶³ APPLEBAUM W. (1952) *Store Location Strategy Classes*, Preface, Addison-Wesley Publishing Co.

subjectif fondé le plus souvent sur des check-lists de critères à respecter³⁶⁴, les années d'après-guerre marquées par la croissance des pôles urbains et l'augmentation des revenus ont conduit à la nécessité de mieux formaliser le processus de choix à travers le développement de techniques nouvelles. Cette évolution s'est faite parallèlement à la démocratisation de l'automobile et au déploiement de grands centres commerciaux de périphérie urbaine tout d'abord aux Etats-Unis puis en Europe. On attendait de ces nouvelles techniques non seulement la possibilité de pouvoir orienter au mieux le décideur vers un emplacement sinon optimal du moins optimisé, mais aussi de prédire avec une certaine exactitude le niveau d'activité du futur point de vente. Ainsi, les ventes du futur magasin étant évaluées, on aurait moins de mal à convaincre et à rassurer les organismes prêteurs ou les investisseurs potentiels à participer financièrement au projet d'ouverture. D'un autre côté, ces chiffres fournissaient la possibilité de fixer des objectifs réalistes à atteindre dans le centre de profit géré par tel ou tel manager. En comparant le niveau prévu avec le niveau effectif des ventes, il devient alors possible de cerner quels facteurs jouent sur l'activité et sur la rentabilité en se posant par exemple les questions de base : « quels facteurs affectent les ventes de différents points de vente ? » ; « pourquoi les ventes de deux points de vente sont-elles différentes ? ». L'analyse des différences de potentiel entre deux magasins met en évidence les facteurs externes sur lesquels la politique marketing n'a pas de prise et ceux relatifs à un marketing inefficace³⁶⁵. Un exemple de facteur externe sur lequel il n'est pas possible d'agir et mis en évidence dans un modèle de localisation est l'augmentation du prix du carburant automobile ou d'une manière générale l'augmentation du prix des transports qui érodent le chiffre d'affaires des grands centres commerciaux³⁶⁶. Le manager peut alors en prenant conscience des paramètres modulant l'activité de son point de vente, réorienter sa politique marketing si nécessaire et

³⁶⁴ JALLAIS J., ORSONY J. et FADY A. (1994) *Marketing du Commerce de Détail*, Vuibert, Paris.

³⁶⁵ GHOSH A. et McLAFFERTY S. (1987) *Location Strategies for Retail and Service Firms*, Lexington Books, p.11.

³⁶⁶ GAUTSCHI D.A. (1981) Specification of Patronage Models for Retail Center Choice, *Journal of Marketing Research*, Vol. XVIII, 162-174.

même connaître l'impact de futures réorientations stratégiques ou celui de modifications dans la structure concurrentielle ou économique avoisinante.

Avant de procéder à toute étude de localisation, il est cependant utile de bien déterminer quelle va être la clientèle future du point de vente et de la repérer dans l'espace. La connaissance précise des caractères des zones concentrant la clientèle baptisée zones de chalandise s'avère également nécessaire, si l'on veut prévoir la performance du futur magasin en établissant par exemple des prévisions de vente au niveau du commerce de détail.

1.1 Enjeux d'une bonne connaissance de la zone de chalandise

Même si cela constitue un défi, définir et surveiller attentivement les frontières et les caractéristiques des zones de chalandise est stratégique pour la survie de magasins existants ou pour projeter la création de nouveaux points de vente de détail ou de service. Dans le cas des magasins existants, l'analyse des caractéristiques de la zone de chalandise est utile principalement pour adapter continuellement la politique marketing afin d'attirer autant de clients que possible tout en contrebalançant l'effort commercial des concurrents s'exerçant en sens opposé. Dans le cas des nouveaux points de vente, l'évaluation des zones de chalandise donne l'occasion de juger l'intérêt d'un investissement à un endroit géographique spécifique aussi bien que d'établir des prévisions de ventes et de déterminer une future stratégie de vente. La délimitation précise des zones denses de clients potentiels s'insère également dans la perspective de recherche d'une localisation optimale par une modélisation de type p-médian (*voir plus particulièrement le paragraphe 1.3, le chapitre III et la deuxième partie*).

On parle assez souvent de la zone de chalandise primaire³⁶⁷ pour désigner la partie de la zone de chalandise qui contribue le plus fortement au chiffre d'affaires du magasin, c'est-à-dire à hauteur d'au moins 75 % du chiffre d'affaires mais sur une période entière et suffisamment

³⁶⁷ APPLEBAUM W. (1968) The Analog Method for Estimating Potential Store Sales, *Guide to Store Location Research*, Addison-Wesley, Reading, Mass.

longue. Il arrive en effet que même des professionnels du marketing fassent des erreurs sur la période de référence à prendre en compte pour évaluer la zone de chalandise. Pour exemple, ce magasin qui fut surpris de n'assister à aucune retombée positive de ses mailings et pour cause: il n'avait retenu comme base de son chiffre d'affaires que les mois de vacances et n'avait alors considéré pour ses relances postales que des clients de passage, des consommateurs vraiment très occasionnels³⁶⁸.

Lorsque la zone de chalandise ou au moins la zone de chalandise primaire a été définie avec précision pour un point de vente existant, il est alors possible de procéder à différentes analyses fondamentales destinées à évaluer et à améliorer la performance du point de vente:

- A- l'analyse du taux de pénétration du marché
- B- l'analyse démographique
- C- l'analyse de performance statistique
- D- la recherche de consommateurs cibles
- E- les promotions ciblées

A- l'analyse du taux de pénétration du marché

Il est intéressant suite à la délimitation de la zone de chalandise et en se procurant les données de consommation et les données démographiques de déterminer soit le taux de pénétration ou d'emprise, soit la part de marché du point de vente. Cette analyse peut être conduite pour le point de vente dans son ensemble, pour chaque département ou encore par catégorie de produits ou pour chaque produit. Dans le cas d'un réseau de points de vente, on comparera ensuite ces taux avec ceux des autres magasins de manière à les classer par niveaux de performance.

³⁶⁸ <http://visionarymarketing.com/articles/>

B- l'analyse démographique

On peut, avant de sélectionner les catégories de produits à inclure dans l'offre ou même plus en amont lors du choix de l'implantation d'un commerce, comparer les caractéristiques démographiques de la zone de chalandise du point de vente avec celles d'autres zones de chalandise aux performances connues. L'hypothèse que des performances identiques s'observeront dans des régions sert de base à la méthode analogique³⁶⁹ de délimitation des zones de chalandise, méthode exposée plus loin au paragraphe 1.3. Par exemple, dans les zones de chalandise où le niveau d'éducation est plus élevé, il sera plus facile de vendre des livres mais moins évident de commercialiser des cigarettes. Une segmentation de la clientèle pourra aussi être élaborée en comparant ses spécificités aux caractéristiques générales de la population résidant au sein de la zone de chalandise préalablement identifiée.

C- l'analyse de performance statistique

Comme on le verra un peu loin au travers du modèle de régression, il est possible grâce à une base de données incluant, par exemple, la part de marché du magasin, les spécificités de la concurrence et les caractéristiques socio-économiques, d'identifier les paramètres ayant un lien positif ou négatif de cause à effets sur la performance du point de vente³⁷⁰. Néanmoins, ce type de modèle doit être utilisé avec prudence car une faible performance peut être due à des raisons complémentaires à celles invoquées dans l'analyse.

D- l'identification de consommateurs cibles

Une bonne délimitation de la zone de chalandise permet aussi d'enquêter dans la zone à l'aide d'entretiens téléphoniques ou d'interviews, cela afin de spécifier avec précision le profil des

³⁶⁹ APPLEBAUM W. (1968) The Analog Method for Estimating Potential Store Sales, *Guide to Store Location Research*, Addison-Wesley, Reading, Mass.

³⁷⁰ LORD J.D. et OLSEN L.M. (1979) Market Area Characteristics and Branch Bank Performance, *Journal of Bank Research* 10, p. 102-110.

consommateurs. Des informations complémentaires peuvent être obtenues par des enquêtes répondant à des interrogations comme³⁷¹ :

- quels autres concurrents les consommateurs fréquentent-ils et pourquoi ?
- pour quelles raisons les consommateurs ne fréquentent-ils pas le point de vente ?
- quelles perceptions les consommateurs ont-ils du magasin et des magasins concurrents sur les points stratégiques du type prix, offre et service ?

E- les promotions ciblées

Enfin, une bonne délimitation de la zone de chalandise permet de cibler efficacement le consommateur par des courriers personnalisés, des mailings, des contacts téléphoniques ou des tracts publicitaires au sein de l'aire spécifiée³⁷². C'est donc en premier lieu les clients potentiels qui seront contactés ce qui aura aussi pour effet de réduire sensiblement les coûts de promotion en ayant un meilleur rendement (meilleur succès de la campagne de communication) et moins de déchets (contacts sans objet et ratés).

1.2 Définir précisément la zone de chalandise

De multiples définitions de la zone de chalandise ont été introduites depuis une cinquantaine d'années prenant pour fondement des approches variées. Mais que cette aire géographique s'apprécie par une approche comportementale, managériale, sociale, financière, commerciale ou géographique, la zone de chalandise est une zone de peuplement qui se différencie des aires géographiques voisines par l'importance de son potentiel de consommation.

Ainsi, si l'on se réfère à toutes les définitions avancées, la zone de chalandise est en termes de pouvoir attractif:

³⁷¹ DRUMMEY G.L. (1984) Traditional Methods of Sales Forecasting, in *Store Location and Store Assessment Research*, R.L. Davies and D.S. Rogers eds., Wicley, 279-299.

³⁷² DESMET P. (2001) *Marketing Direct*, 2ème éd., Dunod, Paris.

→ "l'aire géographique locale d'où proviennent 90 % de la clientèle total du commerce."³⁷³

ou:

→ "l'aire d'influence à partir de laquelle un centre commercial peut espérer attirer au moins 85 % de son volume total des ventes " ³⁷⁴.

en termes de chiffre d'affaires:

→ "toute aire susceptible de fournir à un magasin un chiffre d'affaires minimum annuel de un dollar" ³⁷⁵ ou au minimum 0,5 % de la part de marché ³⁷⁶,

en termes d'éloignement:

→ "d'une manière générale... une grande majorité des clients qui sont prêts à se déplacer de 12 à 15 minutes jusqu'à un maximum de 25 minutes pour atteindre un centre commercial régional" ³⁷⁷.

en termes de concurrence:

→ "la véritable zone de chalandise est entièrement déterminée par les opérations d'attraction et de résistance des zones de chalandise en compétition... La zone de

³⁷³ ISADORE V.F. (1954) *Retail Trade Analysis*, University of Wisconsin, Bureau of Business Research and Service, Madison.

³⁷⁴ GRUEN V. et SMITH L. (1960) *Shopping Town USA: The Planning of Shopping Centers*, Reinhold Publishing Co., New York.

³⁷⁵ GREEN H.L. (Avril 1959) *Correspondence with Applebaum W. & Cohen S.B.*

³⁷⁶ APPLEBAUM W. et COHEN S.B. (1961) The Dynamics of Store Trading Areas and Market Equilibrium, *Annals of the Association of American Geographers* n°51/1, reprinted with permission of the original publishers by Kraus Reprint Ltd Nendeln Lichtenstein in 1967.

³⁷⁷ GRUEN V. et SMITH L. (1960) *Shopping Town USA: The Planning of Shopping Centers*, Reinhold Publishing Co., New York., p.33.

chalandise n'est pas un fait géographique mais est créée entièrement par la réponse et le comportement des individus" ³⁷⁸.

Huff ³⁷⁹ a une approche plus statistique en définissant la zone de chalandise comme "une région délimitée géographiquement, contenant des clients potentiels pour lesquels il existe une probabilité plus grande que zéro qu'ils achètent une classe donnée de produits ou de services offerts à la vente par une firme particulière ou par un groupe particulier de firmes".

Selon Ghosh et McLafferty ³⁸⁰ qui ont tenté d'unifier ces définitions, la zone de chalandise est tout simplement:

→ "le secteur géographique à partir duquel le magasin tire la plupart de ses clients et dans lequel son taux de pénétration du marché est le plus fort".

On remarque aussi que la zone de chalandise soit considère la clientèle effective d'un magasin ou d'un service existant (définitions d'Isadore, de Ghosh et McLafferty), soit s'attache à mesurer une clientèle potentielle dans l'optique de création d'un nouveau point de vente ou avec l'objectif de conquérir des parts de marché en empiétant sur la zone de chalandise effective d'un concurrent (définitions de Gruen et Smith, d'Applebaum et Cohen, de Green, de Huff).

1.2.1 Variables façonnant l'étendue et la forme des zones de chalandise

Un grand nombre de paramètres façonnent la zone de chalandise d'un magasin ou d'une société de services. Ces paramètres sont aussi bien des facteurs intrinsèques marketing liés au magasin comme les prix, la taille du magasin, le choix des marchandises, que des facteurs

³⁷⁸ NELSON R.L. (1958) *The Selection of Retail Locations*, F.W. Dodge Corp, p.153, New York.

³⁷⁹ HUFF D. L. (1964) Defining and Estimating a Trading Area, *Journal of Marketing*, Vol 28, p. 38.

³⁸⁰ GHOSH A. et McLAFFERTY S. L. (1987) *Location Strategies for Retail and Service Firms*, Lexington Books, Reading, Mass.

environnementaux tels l'existence de concurrents dans le voisinage ou l'environnement sociologique et économique.

1.2.1.1 Variables intrinsèques au point de vente

Une multiplicité de facteurs influence la forme, l'étendue spatiale et la nature intrinsèque de la zone de chalandise d'un point de vente parmi lesquels on recense:

- les caractéristiques propres au point de vente rigidifiées lors de la création du point de vente:
 - la taille,
 - les voies d'accès et les facilités de parking.
- des paramètres liés à la politique marketing:
 - la promotion des ventes,
 - les prix,
 - l'assortiment des marchandises,
 - la décoration,
 - les services complémentaires offerts.

1.2.1.2 Variables environnementales

Comme on l'a mentionné, des check-lists de critères ont été établis pour choisir au mieux l'emplacement de son futur point de vente en examinant les infrastructures existantes^{381 382 383}

^{384 385 386}. L'effet recherché est de réussir à centrer son point de vente dans un bassin géographique riche en consommateurs potentiels compte-tenu bien évidemment de la

³⁸¹ DELOZIER M.W. et LEWISON D.M. (1986) *Retailing*, 2nd ed., Merill.

³⁸² CLIQUET G. (1992) *Le Management Stratégique des Points de Vente*, p.187-191, Ed. Sirey.

³⁸³ NELSON R.L. (1958) *The Selection of Retail Locations*, F.W. Dodge Corp, p.153, New York.

³⁸⁴ KANE B.J. (1966) *A Systematic Guide to Supermarket Location Analysis*, Fairchild, New York.

³⁸⁵ APPLEBAUM W. (1966) Method for determining Store Trade Areas, Market Penetration and Potential Sales, *Journal of Marketing Research*, 3, 127-141.

³⁸⁶ GRUEN V. et SMITH L. (1960) *Shopping Town USA: The Planning of Shopping Centers*, Reinhold Publishing Co., New York.

concurrence. En se référant à ces études, on peut s'apercevoir que la forme des zones de chalandise est en général conditionnée par:

- des paramètres environnementaux variés³⁸⁷ dont :
 - l'accessibilité mesurée par la qualité et le nombre de voies de circulation automobile et piétonnière, le niveau et la fluidité du trafic, ainsi que par les dessertes de transports en commun, l'existence de stations de taxi,....,
 - la qualité et le débit de la circulation piétonnière et automobile,
 - la concurrence et particulièrement son importance et sa nature, la politique marketing, son éloignement au point de vente considéré,
 - la complémentarité avec d'autres activités,
 - les barrières physiques et psychologiques,
 - l'utilisation du foncier

Plus précisément, les facteurs liés à l'infrastructure jouant sur l'accessibilité et donc influençant les caractéristiques des zones de chalandise sont:

- la structure du réseau routier ou piétonnier (sinuosité et configuration des voies),
- la qualité des infrastructures, appréhendée par leurs caractéristiques techniques (nombre et largeur des voies, aménagement des côtés, existence d'un séparateur central de chaussées, etc...),
- les contraintes topographiques (pente),
- les réglementations en vigueur (code de la route et particularités locales),
- la congestion qui perturbe le fonctionnement du système et fait ainsi varier la qualité du service selon les jours de l'année et les heures de la journée.

³⁸⁷ JALLAIS J., ORSONY J. et FADY A. (1994) *Marketing du Commerce de Détail*, Vuibert, Paris.

Egalement, la qualité des transports collectifs dégrade ou améliore sensiblement l'accessibilité à un site en particulier concernant:

- le schéma de services en vigueur tenant compte des règles de sécurité (nœuds desservis, fréquence de la desserte et horaires de circulation),
- le taux de remplissage du véhicule qui peut en interdire l'utilisation lorsque la capacité maximale est atteinte.

Selon la clientèle ciblée, d'autres critères peuvent être examinés : économiques, esthétiques, paysagers, environnementaux, touristiques,...

Même s'il est bien évident que chaque activité recherchera plutôt une clientèle-cible particulière, d'autres études ont dégagé les paramètres environnementaux cette fois liés à la population résidente, ayant une influence sur les caractéristiques de la zone de chalandise parmi lesquels:

- des variables démographiques et socio-économiques recensées par Ingene³⁸⁸ et parfois plus particulièrement étudiées par d'autres chercheurs:
 - le revenu^{389 390},
 - l'âge de la population³⁹¹,
 - l'âge du chef de famille,
 - le pourcentage d'hommes dans la population,
 - l'âge médian des femmes et des hommes,

³⁸⁸ INGENE C.A. (1984) Structural Determinants of Market Potential, *Journal of Retailing*, Vol.60 N°I, p.37-64.

³⁸⁹ FERBER R. (1958) Variations in Retail Sales Between Cities, *Journal of Marketing*, 22, p.295-303.

³⁹⁰ INGENE C. et LUSCH R. (1980) Market Selection Decisions for Department Stores, *Journal of Retailing*, 56, p.21-40.

³⁹¹ WELLS W. et GUBAR G. (1966) The Life Cycle Concept in Marketing Research, *Journal of Marketing Research*, 3, p.355-363.

- la taille des ménages³⁹²,
- la population ou la densité de population³⁹³,
- la mobilité^{394 395}.

1.2.1.3 La variable temporelle

Les frontières et les caractéristiques internes des zones de chalandise ne sont pas statiques mais évoluent dans le temps³⁹⁶, influencées par des facteurs d'espace-temps comme la concurrence locale, la stratégie marketing, la saisonnalité ou même la mode.

Une réduction de prix (ou des soldes) réussira par l'augmentation de son attractivité à attirer les consommateurs sur une plus grande distance, hypothèse vérifiée dans la pratique en particulier sur le marché du meuble³⁹⁷. De même, la taille de la zone de chalandise peut croître en fonction de la publicité et des efforts de promotion du point de vente.

1.3 Méthodes traditionnelles de délimitation des zones de chalandise

Deux classes de méthodes de délimitation, l'une subjective et l'autre normative, sont employées pour déterminer les frontières de zones de chalandise. Alors que la première catégorie de méthodes reste théorique, les méthodes normatives au contraire sont caractérisées par leurs observations du monde réel. Elles sont donc plus précises et plus commodes à mettre en œuvre et peuvent même aller jusqu'à décrire les variations dynamiques des frontières des

³⁹² INGENE C. et YU (1981) Determinants of Retail Location in SMSAs, *Regional Science and Urban Economics* 11, p.529-547.

³⁹³ HALL M. et KNAPP J. et WINSTEN C. (1961) *Distribution in Great Britain and North America*, Oxford University Press, London.

³⁹⁴ INGENE C. et LUSCH R. (1980) Market Selection Decisions for Department Stores, *Journal of Retailing*, 56, p.21-40.

³⁹⁵ INGENE C. et YU (1981) Determinants of Retail Location in SMSAs, *Regional Science and Urban Economics* 11, p.529-547.

³⁹⁶ APPLEBAUM W. et COHEN S.B. (mars 1961) The Dynamics of Store Trading Areas and Market Equilibrium, *Annals of the Association of American Geographers*, N°51/1.

³⁹⁷ CLIQUET G. (1995) Implementing a Subjective MCI Model: An Application to the Furniture Market, *European Journal of Operational Research* 84, pp 279-291.

zones de chalandise. Nous allons d'abord passer en revue les principales méthodes subjectives.

1.3.1 Approches subjectives : la méthode du temps de conduite

Cette méthode employée par beaucoup de professionnels suppose que les clients sont disposés à fréquenter un magasin seulement selon des critères de proximité mesurés en termes de distance ou de temps de conduite. En pratique, on trace des courbes isochrones autour du point de vente ou de son implantation envisagée. Les courbes indiquent les temps de trajet en général automobile qui les séparent du point de vente en tenant compte des voies de circulation et des obstacles (feux tricolores, croisements et inter-parties, limitations de vitesse,...). La zone de chalandise équivaut à la surface géographique intérieure à l'une de ces courbes en se fixant un temps de conduite limite au-delà duquel on pense qu'une faible proportion de consommateurs potentiels sera prête à se déplacer jusqu'au point de vente ³⁹⁸.

Parmi différents paramètres déterminant les habitudes des consommateurs comme la densité de population, le pouvoir d'achat, l'importance des réseaux de communication, on a montré en effet numériquement que les temps de conduite requis pour atteindre un ensemble de magasins a une influence forte sur le choix d'un centre commercial ³⁹⁹. Certaines études comportementales avaient montré en leur temps qu'à partir d'un temps de conduite supérieur à 20 minutes, les consommateurs hésitaient à se rendre dans un centre commercial ⁴⁰⁰. Actuellement, certains clients, particulièrement dans les zones rurales, n'hésitent pas à parcourir 50 kilomètres pour faire leurs courses dans les hypermarchés qui remplacent de plus en plus les petits commerces traditionnels de plus en plus rares⁴⁰¹. Mais, dans les zones de

³⁹⁸ BRUNNER J. A. et MASON J. L. (1968) The Influence of Driving Time Upon Shopping Center Preference, *Journal of Marketing* Vol. 32, p.57.

³⁹⁹ BRUNNER J. A. et MASON J. L. (1968) The Influence of Driving Time Upon Shopping Center Preference, *Journal of Marketing* Vol. 32, p.57.

⁴⁰⁰ NELSON R.L. (1958) *The Selection of Retail Locations*, F.W. Dodge Corp, p.153, New York.

⁴⁰¹ BOVET P. (2001) L'hypermarché, le Caddie et le congélateur, *Le Monde Diplomatique*, Mars 2001, p.32.

périphérie urbaine où les services commerciaux sont plus denses, les consommateurs deviennent plus exigeants quant à la proximité des centres commerciaux. Aux Etats-Unis, au début des années 90, on était prêt, selon Madame Yecko, une spécialiste renommée de la distribution et la présidente du groupe d'immobilier commercial Capital Realty Group, à parcourir 50 miles pour se rendre dans un hypermarché Wal-Mart⁴⁰². De nos jours, une distance de 20 à 30 miles (30 à 50 kilomètres environ) semble être la limite que les gens peuvent supporter pour accéder à un tel centre commercial.

Brunner et Mason ont avancé, quant à eux, que les limites de zone de chalandise se ramenaient à un temps de conduite de 15 minutes autour du centre commercial et que ce sont l'importance de la population, le nombre de ménages et les revenus au sein de cette zone qui conditionnent les performances du centre. D'autres auteurs ont énoncé que les consommateurs sont prêts à parcourir en moyenne une distance correspondant à un temps moyen de conduite de 10 minutes⁴⁰³. Même si la méthode ne prétend pas être parfaite puisqu'elle ne prend pas en considération la puissance d'attractivité du magasin, on constate donc qu'il n'y a pas dans la littérature un temps de conduite bien défini pour mesurer les limites de la zone de chalandise. Sans doute, l'effort que les consommateurs sont prêts à fournir pour atteindre un centre commercial dépend-il d'autres facteurs que le simple temps de conduite ou que des facteurs d'attractivité. Les conditions météorologiques, l'âge, le sexe, les quartiers traversés, les facilités de parking, le pouvoir d'achat plus généralement peuvent conduire à ce que l'effort fourni ou évalué soit ressenti comme étant plus ou moins élevé par l'individu.

⁴⁰² SCHOOLEY T. (2001) *For some retailers, drive-time is more important than location*, Pittsburgh Business Times, American City Business Journals, march 9, 2001, p.10.

⁴⁰³ APPLEBAUM W. et GREEN H.L. (1974) Determining Store Trade Areas, *Handbook of Marketing Research*, edited by R. Ferber NY Mac Graw Hill, pp 4.313-4.323.

1.3.2 Approches normatives

L'approche subjective de la méthode du temps de conduite décrite précédemment est facile à mettre en application et fournit des données assez fiables mais avec un degré de précision inconnue. Elle est préconisée dans le cas où les données marketing sur la clientèle ne sont pas accessibles ou lorsque cette méthode est trop longue ou trop coûteuse à mettre en œuvre. En revanche, les méthodes normatives prennent en considération l'information sur la clientèle et/ou les performances passées du point de vente. Ces données d'observation obtenues par enquêtes s'avèrent indispensables pour évaluer une zone de chalandise existante avec une précision accrue par rapport aux méthodes subjectives qui n'utilisaient que des données environnementales.

Les méthodes normatives les plus populaires fondées sur l'expérience passée pour déterminer les frontières de zone de chalandise sont:

- la méthode analogique
- la méthode par le modèle de régression
- la méthode par les surfaces enveloppantes
- la méthode des nuées dynamiques

Détaillons ces différentes approches dans leurs principes et leurs inconvénients.

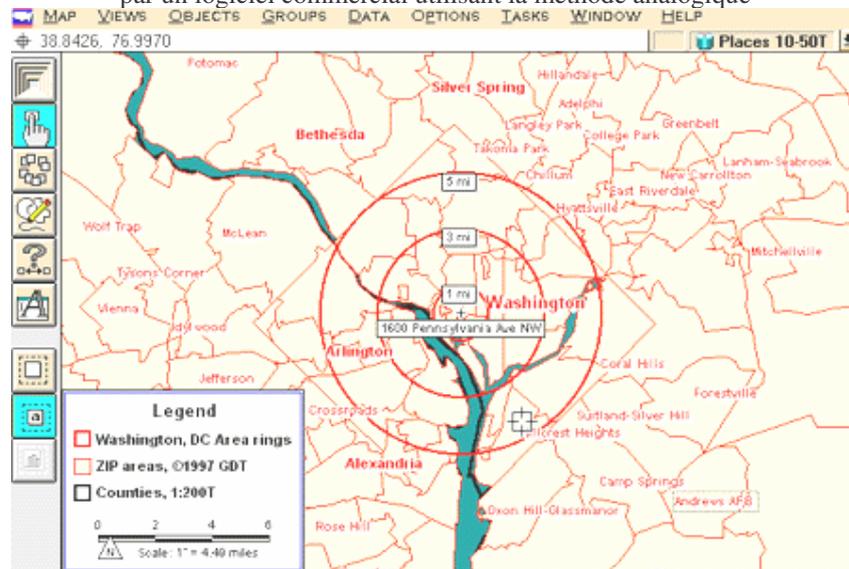
1.3.2.1 La méthode analogique

La méthode analogique sous-tend que la géographie se répète: si un point de vente est placé à un emplacement similaire à un autre, ou alors on s'attend à ce que la performance des deux points de vente soit identique. Supposons qu'un magasin connaisse les adresses de ses clients. Celles-ci peuvent alors être représentées sur une carte par des points dont la densité indique

grâce à un examen visuel, la taille, la forme et les caractéristiques générales de la zone de chalandise de ce magasin ⁴⁰⁴.

La délimitation des zones de chalandise s'apprécie traditionnellement en prenant des paliers en matière de niveau de clientèle en progression linéaire ⁴⁰⁵. En première approximation, la zone de chalandise est supposée à frontière circulaire irradiant à partir du point de vente sur un rayon r . Ainsi, on considère en général la zone de chalandise comme le disque dont le rayon a a une dimension telle qu'il concentre au minimum $X\%$ de la clientèle ($X=80\%$ par exemple). Le problème est que la zone de chalandise est loin d'avoir la géométrie parfaite d'un disque. En outre, ce mode de procédure s'avère peu précis, car il présuppose une diminution régulière du taux de pénétration selon l'éloignement au point de vente ou bien une certaine homogénéité et une bonne répartition de la clientèle sur la surface géographique compacte déterminée par cette méthode.

Fig 1.1 - Exemple de détermination d'une zone de chalandise par un logiciel commercial utilisant la méthode analogique



Or, les irrégularités socio-économiques de la population dans l'espace, les frontières géographiques, les caractéristiques de la concurrence et la politique commerciale du magasin

⁴⁰⁴ APPLEBAUM W. et GREEN H.L. (1974) Determining Store Trade Areas, *Handbook of Marketing Research*, edited by R. Ferber NY Mac Graw Hill, pp 4.313-4.323.

⁴⁰⁵ APPLEBAUM W. (1968) The Analog Method for Estimating Potential Store Sales, *Guide to Store Location Research*, Addison-Wesley, Reading, Mass.

font que très souvent les zones de chalandise ne sont pas totalement compactes. Les "trous" ou discontinuités de la clientèle au sein de cette surface sont donc négligés dans la méthode précédente. On ne pense pas également à considérer la rupture pouvant être assez brusque qui s'opère entre une zone à forte densité de clients et une zone à faible densité.

1.3.2.2 La méthode par les modèles de régression

La méthode par le modèle régression cherche à mesurer un paramètre de performance en le corrélant avec diverses variables socio-économiques, environnementales et marketing. Il suppose ainsi d'avoir pour base un certain nombre de magasins ou des études commerciales antérieures à partir desquelles, on mesurera les coefficients d'une droite de régression du type:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n$$

où Y est le paramètre de performance ; X_1, X_2, \dots, X_n les variables explicatives et $b_0, b_1, b_2, \dots, b_n$ les coefficients de la droite de régression.

Les modèles de régression sont fondés sur deux hypothèses: premièrement, la performance du point de vente est fonction des caractéristiques de localisation de son emplacement, de l'environnement socio-économique, du niveau de la concurrence et des caractéristiques du magasin. Deuxièmement, les facteurs fondamentaux de performance peuvent être isolés grâce à une analyse statistique des données.

La méthode est en particulier employée pour prévoir la performance globale projetée Y d'un magasin qui est évaluée par cette formule et l'emploi de données locales ⁴⁰⁶. Mais elle peut également être utilisée pour estimer la part du marché des zones entourant un nouveau point de vente et délimiter alors la zone de chalandise. Il suffit pour cela de parcourir l'espace entourant le point de vente à la recherche des populations tendant à accroître le paramètre de

⁴⁰⁶ LORD J.D. et OLSEN L.M. (1979) Market Area Characteristics and Branch Bank Performance, *Journal of Bank Research* 10, p. 102-110.

performance Y du fait de leurs caractéristiques démographiques et socio-économiques entrant en tant que variables dans le modèle de régression. On pourra considérer qu'au-dessus ou qu'en dessous d'un certain niveau de contribution à la performance, les populations considérées appartiendront ou n'appartiendront pas à la zone de chalandise.

Des difficultés peuvent cependant apparaître dans l'utilisation de la méthode lorsque apparaissent des corrélations entre des variables supposées indépendantes dans le modèle de régression. Un test simple préalable consiste à mesurer le taux de corrélation entre les données. Un taux supérieur à 0,5 ou plus est significatif d'une certaine multicollinéarité entre des variables redondantes^{407 408}.

On peut également utiliser le test de Fisher (ou test d'égalité des variances) qui a pour but de comparer deux distributions de valeurs X et Y supposées suivre chacune une loi normale. Si n_1 et $(S_1)^2$ respectivement la taille et la variance non biaisée du premier échantillon et n_2 et $(S_2)^2$ sont la taille et la variance non biaisée du second échantillon (S_1 et S_2 sont les écarts-types), alors le calcul de la quantité F définie par :

$$F = [n_1 * (S_1)^2 / (n_1 - 1)] / [n_2 * (S_2)^2 / (n_2 - 1)]$$

(dans le cas où $F < 1$, on inverse le numérateur et le dénominateur)

permettra de savoir si les distributions sont de même nature en se fondant sur la règle de décision suivante : si F est supérieure au quantile d'une loi de Fisher de paramètres n_1 et n_2 au risque 0,05, les variances ne sont pas homogènes et les distributions sont de natures différentes. Dans le cas contraire, les variances sont considérées équivalentes et les distributions de même nature.

Un autre moyen pour détecter la multicollinéarité est de séparer les données en deux groupes et de calculer pour chaque groupe un modèle de régression. L'absence de multicollinéarité se révélera par une certaine similitude des résultats en ce qui concerne les coefficients de

⁴⁰⁷ JOHNSTON J. (1972) *Econometric Methods*, McGraw-Hill, New York.

⁴⁰⁸ MALINVAUD E. (1980) *Statistical Methods of Econometrics*, North Holland, New York.

régression et la qualité d'ajustement. Dans le cas contraire, il est souhaitable d'éliminer certaines variables parmi celles corrélées entre elles soit en examinant les variables prises 2 par 2, en pratiquant une *analyse factorielle*, ou mieux une *régression ridge* qui considère un estimateur légèrement biaisé des paramètres pour améliorer la variance des estimations (coûteux en temps de calcul) ou une *régression pas à pas* (stepwise) qui consiste à introduire les variables l'une après l'autre dans le modèle (selon leur contribution partielle) et, à chaque étape, à vérifier si l'ensemble des variables déjà introduites sont encore significatives (une variable qui ne le serait plus serait rejetée).

Un autre problème pouvant surgir dans l'élaboration d'un modèle de régression est l'intégration de données difficilement quantifiables comme celles relatives à la perception du consommateur ou bien concernant l'évaluation de la concurrence ou bien l'image de marque malgré que cette difficulté ait été surmontée dans certains modèles comme le MIC subjectif⁴⁰⁹ que nous verrons plus tard (§ 2.1.5). L'objectif de ce modèle est en effet avant tout de se fonder sur l'expérience d'un site commercial pour approcher par calcul la performance future d'un nouvel emplacement et accessoirement d'identifier ce que pourra être sa zone de chalandise.

1.3.2.3 La méthode par les surfaces enveloppantes

Les surfaces enveloppantes ont été mises en application par Peterson⁴¹⁰ dans la continuation des travaux de Bucklin⁴¹¹ et de McKay⁴¹². Cette méthode consiste à représenter les taux de pénétration sur une carte quadrillée en zones de manière à obtenir un relief. La surface de ce relief épousant les variations spatiales du taux de pénétration est approximée par des courbes

⁴⁰⁹ CLIQUET G. (1995) Implementing a Subjective MCI Model: An Application to the Furniture Market, *European Journal of Operational Research* 84, 279-291.

⁴¹⁰ PETERSON R.A. (1974) Trade Area Analysis Using Trend Surface Mapping, *Journal of Marketing Research*, Vol. XI, 338-42.

⁴¹¹ BUCKLIN L.P. (1971) Trade Areas Boundaries: Some Issues in Theory and Methodology, *Journal of Marketing Research*, 30-7.

⁴¹² MCKAY D.B. (1973) Spatial Measurement of Retail Store Demand, *Journal of Marketing Research*, 10, 4, p. 447-453.

ou des plans et en particulier par des équations dont les coefficients sont déterminés grâce à un modèle de régression. Ces surfaces peuvent être modélisées par des séries de Fourier surtout si elles présentent une certaine périodicité. Mais, comme cette régularité de l'espace est plutôt rare dans le monde réel, on préfère décrire le taux de pénétration spatiale par des polynômes orthogonaux qui sont plus aptes à rendre compte de la concurrence et des irrégularités spatiales telles que les barrières naturelles (rivières, espaces verts protégés, autoroutes,...).

Il serait théoriquement possible, même si les auteurs n'effectuent pas la démonstration, de délimiter la zone de chalandise en déterminant les minima de cette courbe polynomiale par l'annulation de sa dérivée seconde. Cependant, la méthode des surfaces enveloppantes comporte des limitations notamment l'impossibilité de trouver des polynômes orthogonaux ou d'autres fonctions pas trop élaborées qui puissent suffisamment bien modéliser le relief des taux de pénétration. Peterson l'a bien compris dans son étude en faisant remarquer qu'il y avait une faible corrélation entre certains paramètres spatiaux du type socio-économique et les variations de taux de pénétration modélisé: la raison en était sans doute en particulier la présence de termes résiduels, différences entre les courbes du modèle et les taux de pénétration constatés.

1.3.2.4 La méthode des nuées dynamiques

La méthode de délimitation par les nuées dynamiques repose sur une famille d'algorithmes dus à Diday⁴¹³. Son principe est de construire itérativement une classification d'un nuage de points.

- chaque classe étiquetée ω_i est représentée par son noyau N_i (souvent le barycentre de la classe, mais pas nécessairement), calculable en utilisant une fonction ϕ à partir des

⁴¹³ CELLEUX G. et DIDAY E. (1980) L'analyse des Données, *Bulletin de liaison de la recherche en informatique et automatique*, INRIA.

représentants de la classe.

- on dispose d'une mesure de similarité d entre un point et un noyau de classe. (d est par exemple la distance euclidienne au noyau lorsque ce dernier est un point).

L'algorithme est alors le suivant:

- On initialise les noyaux N_i , $1 \leq i \leq k$ à leur valeur de départ N_i^\emptyset , $1 \leq i \leq k$, la variable booléenne STABLE à FAUX et le compteur d'itérations t à 1.

- **Tant que** (STABLE - FAUX) **et** ($t < t_{\max}$), on effectue :

- ➔ **Début**

- On affecte chacun des points à la classe dont le noyau $N_i^{(t)}$ est le plus proche au sens de la mesure de similarité d .
 - Pour chacune des classes, on calcule le nouveau noyau $N_i^{(t+1)}$ avec ϕ .
 - Si l'un des noyaux a été modifié, alors STABLE vaut FAUX sinon il vaut VRAI.

- ➔ **Fin**

(les instructions principales de l'algorithme sont en gras).

Cette méthode consiste donc à incorporer des zones autour de centres mobiles ou centres de gravité: une nécessité est de définir au préalable le nombre k de zones. Puis, k centres de gravité supposés sont alors tirés au hasard et chaque point géographique appartenant à l'espace géographique est assigné au plus proche des k centres de gravité engendrant ainsi k cellules géographiques. Le vrai centre de gravité de chacune des k zones est calculé et le processus qui consiste à assigner chaque point géographique à l'un des nouveaux centres de gravité recommence. Cet algorithme fonctionne en boucle jusqu'à ce que les k zones et les k centres de gravité soient invariables. Un calcul de la variance à l'intérieur de chaque zone peut être effectué pour vérifier si les moyennes sont sensiblement différentes d'une classe à une autre et si le nombre de classes est exact.

La méthode a été employée pour indiquer les limites de zones de chalandise de centres commerciaux ⁴¹⁴ avec l'exécution de fonctions spline qui consiste à réduire au minimum le rayon de courbe de la fonction représentant les limites de la zone de chalandise $f(x)$ pour la rendre plus régulière ($\int [f(x)']^2 dx$ minimisé). Ainsi, lors de l'application de cette méthode à la délimitation des zones de chalandise, l'aire géographique est initialement découpée en secteurs caractérisés par une plus ou moins forte fréquentation du point de vente considéré (l'étude de Roger ⁴¹⁵ comporte par exemple 50 secteurs). Les fréquentations obtenues auprès d'un échantillon de clients sont chacune affectées au secteur géographique de leur lieu de domicile, l'ensemble des dites fréquentations étant ensuite moyenné. Ces secteurs sont alors agglomérés en zones de fréquentation homogènes (les classes mentionnées précédemment) par l'algorithme des nuées dynamiques ce qui permettra ultérieurement de tracer les lignes de niveau de fréquentation entourant le point de vente considéré grâce en particulier aux fonctions splines qui joignent harmonieusement les centres de gravité des secteurs. On constate que la zone de chalandise est finalement délimitée de façon assez imprécise puisqu'en général le nombre de secteurs pour définir sa frontière est faible. Ces secteurs ne correspondent d'autre part qu'à un découpage artificiel pas forcément logique le plus souvent en quartiers ou en arrondissements dans les grandes villes. De plus, les secteurs peuvent rassembler des populations et des fréquentations inhomogènes ce qui risque de conduire à des erreurs puisqu'en considérant une fréquentation moyenne au sein de ces secteurs, on fait abstraction de cette hétérogénéité de clientèle. D'autre part, la transition de fréquentation de la clientèle entre les secteurs voisins est supposée s'effectuer de manière progressive ce qui n'est pas forcément le cas. La lourdeur de la méthode et son manque de côté pratique la rendent très difficilement accessibles aux professionnels.

⁴¹⁴ ROGER P. (1983) *Description du Comportement Spatial du Consommateur*, Thèse de Doctorat, Lille.

⁴¹⁵ ROGER P. (1983) *Description du Comportement Spatial du Consommateur*, Thèse de Doctorat, Lille.

La méthode des nuées dynamiques est cependant susceptible en fait de résoudre la problématique de l'analyse typologique qui vise à chercher les principales représentants d'un nuage de points. Nous verrons au paragraphe 2.2.3 que ce type de méthode peut simplifier la recherche de localisations commerciales en particulier lors de l'utilisation du modèle p-médian. En bref, le modèle p-médian (voir § 2.2) pose le problème de positionner et d'allouer p centres (p points de vente pour l'application à la localisation commerciale) à chacun des points d'un nuage de points (les clients) de telle manière que la somme des distances de ces points au centre correspondant atteigne un minimum, ce qui permet effectivement de rassembler les points en un certain nombre de cellules (ou clusters en anglais) de caractéristiques (souvent le niveau moyen de fréquentation) homogènes.

1.4 Inconvénients et limitations des méthodes traditionnelles de délimitation

Comme on l'a vu, les méthodes subjectives ne prennent pas en considération les caractéristiques propres du point de vente, ni celles de la clientèle pour évaluer la zone de chalandise, et s'attachent uniquement à déterminer les emplacements stratégiquement intéressants en termes d'accessibilité pour la majorité des clients potentiels. Ces méthodes rapides mais sans grande précision s'avèrent utiles principalement dans une première phase de prospection de la localisation d'un point de vente à créer. Rien ne saurait en effet remplacer une bonne connaissance des consommateurs.

Les méthodes de type normatif leur sont donc préférables si l'on dispose d'informations sur les clients existants ou potentiels d'un magasin. Il est cependant hasardeux de réduire une zone de chalandise à un disque rassemblant un pourcentage élevé de clients comme le fait la méthode analogique. La réalité est souvent différente et on peut constater l'existence d'une zone de chalandise réduite en fragments au lieu d'une zone de chalandise compacte entourant le point

de vente⁴¹⁶. Les caractéristiques de la population (densité, caractéristiques socio-économiques, préoccupations), l'environnement (infrastructure des routes, barrières naturelles), les facteurs commerciaux (concurrence, stratégies d'entreprise et en particulier différenciation) changent dans l'espace et, de ce fait, expliquent la répartition des clients en plusieurs secteurs parfois sans relation. Les limites des zones de chalandise sont devenues plus floues qu'autrefois également du fait du comportement plus versatile et de la plus grande mobilité⁴¹⁷ du consommateur, et leur détermination précise nécessite désormais des analyses plus poussées : *"l'approche d'une zone de chalandise est rendue plus complexe aujourd'hui par les nouveaux comportements des consommateurs, plus mobiles et moins fidèles."*⁴¹⁸

Les surfaces enveloppantes constituent une approche intéressante bien qu'à force de vouloir trop modéliser une réalité fort complexe par des équations paramétriques, on ne fait que s'en éloigner. Il est en effet souvent indispensable d'approximer les données discrètes de clientèle par des équations suffisamment simples pour ne pas voir les difficultés de résolutions augmenter de manière exponentielle. D'où, là encore, la naissance d'incertitudes dont il est impossible de mesurer l'importance et la portée sur les résultats de la délimitation.

La méthode par les nuées dynamiques est certes novatrice, mais aussi coûteuse en temps de calcul puisque chaque point est examiné et lié à la classe la plus proche et que l'algorithme tourne en boucle jusqu'à parvenir à une stabilité des centres de gravité et des zones. Le problème de ce processus est aussi qu'il faut au départ pressentir et fixer un nombre de types de zone pour pouvoir choisir aléatoirement les centres de gravité puis assigner chaque point au centre de gravité le plus proche. Un autre point est que cette méthode n'a été expérimentée que sur des zones géographiques massives bien qu'assimilées à des points, en l'occurrence sur

⁴¹⁶ CLIQUET G., FADY A., BASSET G. (2002) *Management de la Distribution*, Dunod, Paris.

⁴¹⁷ MOATI P. (2001) *L'avenir de la Grande Distribution*, Ed. Odile Jacob.

⁴¹⁸ DOUARD J.P. (2002) *Géomarketing et Localisation des Entreprises Commerciales, Stratégies de localisation des Entreprises Commerciales et Industrielles : De Nouvelles Perspectives*, Gérard Cliquet et Jean-Michel Josselin éditeurs, De Boeck Université, à paraître p.120

des communes de différentes tailles telles que celles de la Communauté Urbaine de Lille⁴¹⁹, et non sur des secteurs équidistants, de tailles égales en terme de superficie et suffisamment petits pour obtenir une précision de délimitation intéressante.

La majorité de toutes les méthodes évoquées, peu précises, font appel à un découpage initial de l'aire analysée en secteurs géographiques qui ne peut en règle générale, on l'a dit, que se fonder que sur l'intuition ou sur des limites administratives ce qui risque fortement de compromettre la qualité de la délimitation de la zone de chalandise.

Une bonne connaissance de la zone de chalandise et de ses limites conditionne pourtant l'analyse et les résultats de la recherche de localisations commerciales, d'autant que les méthodes utilisées dans le monde professionnel font souvent appel à des notions de statistiques prenant pour cible la zone de chalandise elle-même.

1.5 Les méthodes de localisation actuellement utilisées

Une étude récente auprès des décideurs du commerce de détail a démontré que le choix d'une localisation commerciale était plutôt fondée sur l'approche intuitive et informelle autant que sur les approches statistiques rigoureuses des analystes de la localisation^{420 421}. Les décideurs rechignent à utiliser les méthodes trop lourdes développées par les chercheurs, même si ces derniers sont allés jusqu'à développer des systèmes intelligents d'aide à la décision (SIAD) qui parviennent assez bien sinon à déterminer un emplacement optimal, du moins à prévoir le chiffre d'affaires du futur point de vente⁴²². Ces derniers décideurs préfèrent souvent incorporer dans la décision leur propre vision, intuition ou expérience, rassurante et

⁴¹⁹ ROGER P. (1983) *Description du Comportement Spatial du Consommateur*, Thèse de Doctorat, Lille.

⁴²⁰ CLARKE I., HORITA M. et MACKANESS W. (2002) Intuition et Evaluation des Sites Commerciaux : Appréhender la Connaissance des Commerçants, , *Stratégies de localisation des Entreprises Commerciales et Industrielles : De Nouvelles Perspectives*, p.107, Gérard Cliquet et Jean-Michel Josselin éditeurs, De Boeck Université, à paraître.

⁴²¹ HERNANDEZ J.A. (1998) *The Role of Geographical Information Systems Within Retail Location Decision Making*, PhD Thesis, The Manchester Metropolitan University Manchester.

⁴²² LAPARRA L. (1995) L'implantation d'hypermarché : comparaison de deux méthodes d'évaluation du potentiel, *Recherche et Applications en Marketing*, Vol. : 10, Numéro : 1, p. 69-79

explicative. D'un autre côté, ceux-ci rechignent à utiliser des représentations spatiales alimentées en d'immenses quantités d'impalpables données et se méfient souvent des variables adoptées comme critères d'implantation trop souvent laissées au libre arbitre de l'analyste.

Dans la pratique, les professionnels utilisent des méthodes statistiques démonstratives en général assez simples qui ont aussi le bénéfice de la rapidité. Une autre étude auprès des décideurs de 226 réseaux de distribution canadiens a montré que 87 % des décideurs utilisaient l'expérience pour orienter leurs décisions de localisation, mais aussi d'autres méthodes statistiques simples comme les checklists (46 %), la méthode analogique (37 %), les méthodes statistiques du type parts de marché ou marché potentiel (34 %), le modèle de régression multiple (29 %), les modèles d'interaction spatiale (13 %), les systèmes experts (8 %). La difficulté de mettre en pratique des modèles vient souvent du fait de ne pouvoir accéder à toutes les données dont on aurait besoin. Comment connaître la performance des points de vente concurrents, mesurer la valeur de leurs managers, évaluer le pouvoir d'achat de consommateurs potentiels, déterminer avec exactitude les limites d'une zone de chalandise ? Rogers⁴²³ de la société DSR Marketing Systems Inc. recense cinq méthodes pratiques inspirées de la recherche dans le domaine de la localisation et cependant accessibles à tout manager désireux de créer une nouvelle implantation commerciale ou d'étendre un réseau de points de vente. Ces cinq méthodes sont :

- la méthode par les parts de marché et les surfaces de vente,
- la méthode analogique,
- la méthode par le modèle de régression multiple,
- l'analyse discriminante,
- la méthode du marché potentiel.

⁴²³ ROGERS D.S. (1980) 5 ways to Evaluate a Store Location, *Store Location*, 42-48.

1.5.1 La méthode par les parts de marché et les surfaces de vente

Elle consiste tout d'abord à déterminer quelle peut être la zone de chalandise au sein de chacune des aires qui représente une alternative d'implantation, en tenant compte de la concurrence, de la population et de sa répartition géographique, de l'infrastructure routière et piétonnière et des barrières naturelles (ex. lacs, rivières)⁴²⁴. Il s'agit ensuite, de calculer le nombre de personnes habitant dans la zone de chalandise, à la fois à l'instant présent et dans le futur, puis d'estimer le potentiel du marché par individu pour le produit ou le service qui sera proposé. La multiplication du potentiel de marché individuel par le nombre d'habitants de la zone fournira le potentiel général du marché pour l'activité considérée. Une règle de trois indiquera alors la part de ce potentiel que représentera le point de vente à créer en fonction de son importance au point de vue de sa surface de vente prévue, par rapport à celle, globale, représentée par les concurrents toujours au sein de la zone de chalandise. Il convient de sélectionner l'emplacement de la zone de chalandise qui maximise le potentiel calculé en termes de chiffre d'affaires, de marge ou de rentabilité. Cette méthode ne permet pas de cerner avec précision un emplacement, mais seulement de sélectionner les aires intéressantes de localisation. Elle ne tient compte que des surfaces commerciales en ignorant les autres facteurs d'attractivité tels que les prix pratiqués par la concurrence, les efforts de promotion,... Egalement, l'étape initiale de délimitation de la zone de chalandise qui n'est pas réputée facile, joue un rôle capital dans la tangibilité des résultats obtenus.

1.5.2 La méthode analogique

Comme nous l'avons vu au chapitre 1, le modèle analogique^{425 426} développé par Applebaum pour les supermarchés Kroger dans les années 50, prend l'hypothèse que la géographie se

⁴²⁴ GHOSH A. et McLAFFERTY S.L. (1987) *Location Strategies for Retail and Service Firms*, Lexington Books, Reading, Mass, p.43.

⁴²⁵ APPLEBAUM W. et GREEN H.L. (1974) Determining Store Trade Areas, *Handbook of Marketing Research*, edited by R. Ferber NY Mac Graw Hill, pp 4.313-4.323.

répète: si un point de vente est placé à un emplacement similaire à un autre, la performance des deux points de vente sera identique selon ce modèle. La méthode revient tout d'abord à établir une cartographie des clients potentiels représentés spatialement par des points. Il s'agit ensuite de déterminer la zone de chalandise correspondant à l'emplacement pressenti pour le point de vente, puis de chercher des points de vente analogues en termes d'accessibilité et d'environnement économique et concurrentiel. La performance du futur magasin s'inspirera de celle d'un magasin analogue en calculant pour ce dernier le chiffre d'affaires par client et en l'extrapolant à la zone de chalandise du premier. Le problème est que la notion de similitude est subjective et dépend de l'appréciation de l'analyste. D'autre part, cette approche ne tient pas compte des interactions concurrentielles locales et est assez lourde à mettre en œuvre dans le cas où un grand nombre de points de vente seraient à localiser.

Lorsqu'un distributeur possède un grand nombre de magasins, une vingtaine voire plus, la méthode analogique offre une voie intéressante pour réaliser des prévisions de vente en corrélant le chiffre d'affaires par les caractéristiques des magasins (surface, nombre de départements, nombre de caisses), les caractéristiques des sites commerciaux (facilités de parking et d'accès), les caractéristiques de la population au sein de la zone de chalandise (âge, revenu, taille des ménages, niveau d'éducation) et l'importance de la concurrence (poids des concurrents et niveau de leur chiffre d'affaires).

1.5.3 La méthode par le modèle de régression multiple

La méthode par le modèle de régression multiple s'appuie sur l'analyse de points de vente existants à travers la détection de facteurs modelant leur chiffre d'affaires ou d'une manière générale une mesure de leur performance. Les données analysées par des traitements

⁴²⁶ APPLEBAUM W. (1968) *The Analog Method for Estimating Potential Store Sales, Guide to Store Location Research*, Addison-Wesley, Reading, Mass. by Kraus Reprint Ltd Nendeln Lichtenstein in 1967.

statistiques seront en l'occurrence celles qui identifient les variables les plus en relation avec les ventes comme :

- les ventes ou les parts de marché estimées de magasins;
- les ventes prévisionnelles;
- le niveau de concurrence mesuré par exemple par la surface totale des magasins concurrents au sein de la zone de chalandise;
- la proportion des ménages ou des individus correspondant à la cible commerciale recherchée dans la zone de chalandise;
- le revenu moyen des ménages dans cette même zone.

La méthode par le modèle de régression a été codifiée de manière précise afin de donner au monde professionnel des moyens clairs pour évaluer une localisation, identifier des facteurs de performance ou établir des prévisions de vente. La méthode a, en France, été baptisée méthode EVEC ou méthode d'Evaluation des Emplacements Commerciaux.

La méthode EVEC⁴²⁷

La méthode EVEC, mise au point par la société Gallup Poll en Grande-Bretagne en 1968, permet de tenir compte d'un très grand nombre de données pour à la fois évaluer la performance d'une chaîne de points de vente ou de l'un de ses composants ainsi que pour sélectionner les meilleurs emplacements dans le cadre de la création d'un nouveau magasin ou d'un établissement. Une application dérivée consiste également à détecter les emplacements à fermer.

Les différentes étapes de la méthode EVEC sont:

- *la reconnaissance des facteurs*: il s'agit de cerner quels sont les facteurs qui peuvent avoir une influence sur le chiffre d'affaires du magasin ramené à sa superficie. Ces facteurs sont

⁴²⁷ DELEND A J.F. (1970) *EVEC : Une Méthode d'Evaluation des Emplacements Commerciaux*, L.S.A. n° 335, sept. 1970, 57-61.

ensuite regroupés si possible en ensembles homogènes (facteurs de concurrence, de taille, de trafic...). Les facteurs individuels non regroupables sont dits "composants spécifiques".

- *la mesure des facteurs* : les facteurs préalablement identifiés sont mesurés, soit de manière objective (ex. nombre de caisses, superficie du magasin), soit plus rarement de manière subjective (ex. valeur du personnel dirigeant).

- *le rassemblement des données* : les données se regroupent en 3 classes:

- les statistiques internes caractérisant le point de vente étudié (ex. surface de vente, nombre de vendeurs, valeur du personnel dirigeant);
- les statistiques démographiques liées à la zone de chalandise entourant chaque point de vente (ex. population, structure d'âge, de revenus ou socioprofessionnelle);
- les statistiques externes de l'environnement qui proviennent d'études de marché (ex. nombre et type de concurrents, nombre et type de commerces influents, nombre de bureaux, importance du trafic piétonnier, facilité de parking, possibilité de transport en commun).

- *l'analyse de régression*: le chiffre d'affaires (CA) est alors exprimé en fonction de n facteurs par une analyse de régression multiple (*voir méthodes d'analyse au chapitre 1*) et donné par l'équation de régression:

$$CA = ax_1 + bx_2 + cx_3 + \dots nx_n + K$$

- *l'analyse comparative par magasin* : l'équation de régression sert à calculer le chiffre d'affaires attendu pour chaque magasin. Ce chiffre est ensuite comparé au chiffre réel et sa différence, positive ou négative, indique une performance élevée ou faible. Pour choisir parmi un échantillon de localisations possibles, un emplacement pour un ou plusieurs points de vente à créer, on calcule le chiffre d'affaires théorique pour les différentes configurations possibles à partir de la même équation de régression et on sélectionne celle maximisant le chiffre d'affaires.

La difficulté dans cette méthode de régression, comme dans la méthode précédente, est de définir la zone de chalandise dans laquelle mesurer les statistiques démographiques ou celles liées aux consommateurs potentiels du futur magasin. La méthode EVEC définit la zone de chalandise telle que l'a fait Applebaum, c'est-à-dire l'aire circulaire qui contiendra au moins 80 % de la clientèle. Cette zone se décompose en général en un certain nombre d'îlots au sein desquels il est aisé de se procurer des statistiques démographiques commercialisées par des organismes étatiques comme l'Insee. Or, comme on l'a vu au chapitre 1, les zones de chalandise ont très rarement une forme idéale de cercle mais sont plutôt constituées d'aires séparées de formes variables. Ainsi, la méthode EVEC dont la promotion en France a été assurée par l'Ifop-Etmar, convient plutôt à une recherche primaire de localisation de point de vente pas trop exigeante sur la précision des résultats obtenus. Ses promoteurs reconnaissent eux-mêmes que EVEC n'est pas applicable pour des chaînes de magasin en nombre réduit (au minimum 20 magasins) ou pour des points de vente très dissemblables comme pour un échantillon composé de petites surfaces urbaines et de grandes surfaces en pleine nature, ou bien des magasins de création récente en phase de développement et d'autres ayant atteint leur rythme de croisière. Il est donc nécessaire, pour appliquer une méthode du type modèle de régression, d'avoir à sa disposition un échantillon de points de vente suffisamment homogènes pour obtenir des résultats d'évaluation des emplacements, fiables et pertinents.

1.5.4 L'analyse discriminante

L'analyse discriminante possède des analogies méthodologiques avec le modèle de régression, mais ne débouche pas sur des prévisions de vente pour le nouvel emplacement. Alors que l'analyse de régression identifie, par une équation linéaire, les relations qui lient les variations des ventes entre différents points de vente et des facteurs explicatifs, l'analyse multidiscriminante sépare les magasins en plusieurs groupes selon leurs résultats

commerciaux, en l'occurrence les magasins ayant une performance acceptable et les autres plutôt inacceptables. L'analyse discriminante ne constitue pas à elle seule une méthode de localisation, mais aide seulement à cerner quels sont les magasins performants afin d'implanter plus en aval, une méthode du type analogique ou de régression multiple : on recherchera ainsi à créer un nouvel établissement dans un endroit ayant les caractéristiques d'une zone où est implanté un magasin performant avec éventuellement les caractéristiques de ce type de magasins.

1.5.5 La méthode du marché potentiel

La méthode du marché potentiel découle directement du principe de gravité du commerce de détail de Reilly⁴²⁸ (voir § 2.1.2). Cette technique souvent utilisée par la grande distribution minimise la distance du futur emplacement aux consommateurs potentiels et la maximise par rapport à celle des concurrents. Les clients sont censés fréquenter d'autant plus le magasin qu'ils en sont proches. Les facteurs d'attraction jouant sur la fréquentation et propres aux magasins ne sont pas examinés par souci de simplicité ou tout simplement du fait de l'absence de données disponibles : les données de performance des magasins concurrents, les caractéristiques de leurs surfaces commerciales ou de leurs produits ne sont pas, dans la majorité des cas, accessibles. Cependant, il est possible en affectant les consommateurs au point de vente situé à l'emplacement pressenti, de prévoir la part de marché du futur commerce par rapport à celle des concurrents (qui eux aussi se voient affectés les consommateurs qui leur sont les plus proches).

1.5.6 Le modèle p-médian

Le modèle p-médian est plus simpliste que les méthodes précédentes dans le sens où il ne tient compte que des critères de la distance (minimisation de la somme des distances entre les

⁴²⁸ REILLY W. J. (1931) *The Law of Retail Gravitation*, W. Reilly ed, 285 Madison Ave, New York, NY.

clients et les points de vente), de la demande et éventuellement du coût d'ouverture des points de vente pour sélectionner les emplacements adéquats. En revanche, il sait en théorie être plus précis lorsqu'il calcule la position idéale des points de vente la plus proche en moyenne des clients car contrairement aux autres méthodes de localisation, la situation géographique des clients est examinée individu par individu, même si ensuite on effectue des regroupements par quartier ou rue dans un souci de simplification.

Dans la pratique, on localise sur le terrain les clients potentiels par leur adresse ou leur origine géographique en réalisant des enquêtes de terrain. L'auteur a lui-même effectué ce type d'enquête pour des compagnies de transport urbain : dans ce secteur d'activité, les clients sont interrogés directement dans les bus ou les tramways. On leur demande en particulier de situer sur une carte le lieu de départ de leur trajet qui est ensuite codifié par quartier ou par cellule géographique urbaine, l'objectif étant dans ce cas d'améliorer la localisation des arrêts de transport en commun. Dans la restructuration d'un réseau d'agences bancaires, les adresses des clients sont connues, de même que dans la grande distribution lorsque la chaîne de magasins a réussi à populariser parmi ses clients un système de cartes de fidélité ou d'avantages. Pour ce qui est de la création pure et simple d'un point de vente, c'est alors une base de données de consommateurs potentiels qu'il s'agit d'élaborer. De nombreux organismes de sondage constituent de telles bases principalement par enquête téléphonique. Dans certains pays comme au Japon, les consommateurs potentiels sont épiés dans leurs faits et gestes jusque dans la rue : ainsi en est-il de cette grande entreprise de construction automobile qui, pour créer un nouveau concessionnaire dans une ville, allait jusqu'à repérer les conducteurs de vieilles voitures et à les suivre jusqu'à leur domicile en repérant leur adresse⁴²⁹.

C'est en effet du domicile que partent, en semaine, 68 % des trajets ayant une destination commerciale. Ce pourcentage croît même encore plus le week-end (73 % le samedi et 79 % le

⁴²⁹ Interview personnel en 1999 d'un commercial d'une grande entreprise automobile japonaise.

dimanche)⁴³⁰. De là, naît l'importance stratégique de réussir à se constituer une base de données d'adresses de clients potentiels ou réels pour alimenter un modèle p-médian. Ceci dit, les pratiques actuelles d'utilisation d'un tel modèle souffrent d'approximations qui malheureusement font fléchir son intérêt commercial. Comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, l'examen de toutes les configurations des différentes localisations possibles des points de vente vis-à-vis des clients ne peut être fait compte tenu de leur nombre exorbitant. Dans un premier temps, lors de la construction du modèle, on cherche donc à assigner chaque client de la base de données d'adresses à un quartier ou à un secteur urbain de manière à réduire le nombre de cellules d'analyse. Ainsi, c'est le centre de gravité de chacun de ces secteurs qui servira de nœud au réseau du modèle. Le nombre de nœuds qui correspond chacun à un secteur, est alors considérablement réduit comparé au cas où l'on aurait créé pour chaque client un nouveau nœud. Le problème est que ce découpage en secteurs géographiques correspond plus à une logique administrative qu'à une logique commerciale. En effet, les secteurs sont le plus souvent des quartiers, des arrondissements, le découpage Insee (Iris), le découpage de la société Adde (ZAD) dans le cas de grandes villes pour lesquelles il est facile de se procurer les statistiques démographiques mais qui forment une partition trop grossière de la zone géographique d'analyse. De plus, l'affectation des clients à ces secteurs géographiques non homogènes, de tailles souvent inégales en population et en superficie, choisis uniquement par commodité risque de déboucher sur des choix de localisation erronés. Il est plutôt rare de constater dans la pratique que les zones de chalandise épousent exactement les formes de ce découpage administratif artificiel. Le paragraphe 8.1 dans la deuxième partie montrera un exemple concret de cette pratique portant sur un découpage de l'Ouest parisien en arrondissements et communes de périphérie qui conduit à des solutions de localisation de points de vente loin de l'optimal.

⁴³⁰ MOATI P. et POUQUET L. (1998) Stratégies de Localisation de la Grande Distribution et Impact sur la Mobilité des Consommateurs, *Collection des Rapports n°194*, Crédoc, p.53.

Conclusion

Nous avons vu qu'une localisation optimisée facilitant l'accès aux produits ou aux services d'un point de vente aura tendance à attirer un grand nombre de clients et induira une rentabilité élevée à l'instar d'une localisation pauvre pouvant aller jusqu'à conduire le point de vente à la banqueroute. Le choix d'une localisation optimale doit s'accompagner de l'évaluation des caractéristiques de sa zone de chalandise, démarche stratégique pour sélectionner, entre plusieurs localisations, la plus prometteuse commercialement. L'observation de la zone de chalandise doit être suivie dans le temps car celle-ci est susceptible d'évoluer suivant les aléas des modifications du tissu économique et social. Malheureusement, les méthodes disponibles pour localiser de manière adéquate ou pour évaluer une zone de chalandise sont, soit trop simplistes et donc peu précises, soit trop complexes pour être mis en œuvre. D'un autre côté, malgré la masse importante de données disponibles et souvent organisée dans les entreprises sous forme de datawarehouses, les systèmes d'informations géographiques n'ont pas encore réussi à devenir de véritables instruments de décision dans les problèmes d'optimisation en dépassant leurs fonctionnalités de représentation cartographique améliorée.

Ainsi, nous nous proposons dans le prochain chapitre de présenter de manière exploratoire les différentes théories de la localisation dont une au moins, on l'espère, pourra servir de marche-pied à une véritable méthode pratique et rapide susceptible de tirer parti des grandes bases de données constituées par les entreprises concernant leur clientèle.

Chapitre 2

Les théories de la localisation

Introduction

Le processus d'ouverture d'un ou de plusieurs commerces de détail se décompose habituellement en quatre décisions fondamentales⁴³¹. La société doit d'abord déterminer sur quel marché elle souhaite s'implanter. Il est ensuite nécessaire pour elle de spécifier le nombre de points de vente qu'elle compte ouvrir en fonction de ses capacités financières et du taux de saturation du marché. Puis, la société doit examiner les localisations possibles et retenir après une étude poussée celle qui lui semble la plus convenable. En dernier lieu, il s'agit de spécifier la taille du magasin et de ses caractéristiques (aménagement, décoration, assortiment, merchandising, ...). Les théories de la localisation s'attachent à résoudre le troisième point et tentent de modéliser à travers des concepts mathématiques plus ou moins élaborés l'espace commercial pour y détecter d'éventuelles opportunités d'implantation.

Il existe deux grandes familles de modèles de localisation représentées par :

- les modèles gravitaires et d'interaction spatiale,
- les modèles de localisation-allocation.

Alors que les modèles gravitaires dérivent de modèles physiques en postulant une interaction réciproque entre points de vente et clients, les modèles de localisation-allocation cherchent à optimiser la localisation et éventuellement le nombre de points de vente en minimisant les coûts de déplacement des clients. Nous allons examiner, dans le présent chapitre, en exposant leurs forces et faiblesses, ces modèles caractérisés le plus souvent par une approche plus ou moins théorique et simplifiée de la réalité.

Les modèles gravitaires et d'interaction spatiale comparent plusieurs localisations potentielles en se fondant sur différents critères objectifs (éloignement à la clientèle, accessibilité, surface) ou subjectifs (enquête d'opinion). Ils se fondent principalement sur l'analogie avec la

⁴³¹ KOTLER P. (1971) *Marketing Decision Making: A Model Building Approach*, New York: Holt, Rinehart & Winston.

gravitation. Le territoire géographique est supposé être occupé par des espaces agrégés ou des zones qui comportent un certain nombre d'activités. Ces agrégats décrits par des attributs interagissent les uns avec les autres par l'intermédiaire de flux pouvant être des déplacements, des migrations ou encore des transports de marchandises. Les modèles d'interaction spatiale peuvent s'écrire d'une façon très générale sous la forme⁴³²:

$$T_{ij} = K \frac{W_i^{(1)}W_j^{(2)}}{C_{ij}^n}$$

où :

T_{ij} est une mesure de l'interaction entre deux zones i et j;

$W_i^{(1)}$: une mesure de masse associée à la zone i;

$W_j^{(2)}$: une mesure de masse associée à la zone j;

C_{ij} : une mesure de la distance ou du coût de transport;

n : un paramètre à estimer;

k : une constante de proportionnalité.

D'autre part, il existe les modèles de localisation-allocation qui cherchent à placer un nombre défini de points de vente en les rapprochant le plus près possible de la demande. Ce dernier type de modèles pour lesquels ont été développés de nombreux algorithmes sur ordinateur, est bien adapté à la multi-localisation d'activités.

Passons tout d'abord en revue les modèles d'interaction spatiale, le premier dans l'histoire ayant été la loi de Hotelling.

⁴³² WILSON (1971) A Family of Spatial Interaction Models, and Associate Developments, *Environment and Planning A*, vol. 3, 1-32.

2.1 Les modèles d'interaction spatiale

Comme on l'a dit, les modèles d'interaction spatiale abordent les problèmes de localisation sous l'angle de l'analogie avec certains principes physiques fondamentaux. Les principaux modèles de ce type sont :

- la loi de Hotelling,
- la loi de Reilly et la formule du point de rupture,
- la méthode des secteurs proximaux et la théorie des places centrales de Christaller,
- le modèle de Huff,
- le modèle MCI ou Modèle Interactif de Concurrence.

Les modèles d'interaction spatiale comportent certains inconvénients liés justement à leur approche un peu trop idéaliste de la réalité.

2.1.1 La loi de Hotelling

La loi de Hotelling⁴³³ n'est pas à proprement parler un modèle mais permet de prendre conscience des interactions concurrentielles. Elle part de la problématique mathématique suivante : considérons une répartition homogène de clients le long d'un segment AB. Il s'agit de déterminer l'emplacement optimal sur ce segment de deux points de vente de même type gérés individuellement par deux managers, qui prennent leur décision sans se consulter l'un l'autre. On part du principe que les clients chercheront à fréquenter le magasin le plus proche et que les managers voudront obtenir un profil maximal en ayant le plus de clients possibles. Si ces clients avaient la possibilité de choisir eux-mêmes les deux emplacements ou que les managers puissent se consulter en ayant à l'esprit de se partager le marché, les deux magasins seraient placés au tiers et au deux tiers du segment AB et donc à équidistance l'un de l'autre. Dans ce cas, chaque magasin capterait une moitié des clients et ils atteindraient tous les deux

⁴³³ HOTELLING H. (1929) Stability in Competition, *The Economic Journal*, Vol. 39, p 41-57.

un profit identique. Mais, si chaque manager ignore la décision de son concurrent, ils auront alors la saine réaction de vouloir en premier s'installer au milieu du segment de manière à attirer en moyenne le plus de clients possibles. Ainsi, Hotelling met par là en évidence les phénomènes possibles d'interactions qui existent entre les concurrents au sein d'un même marché géographique, interactions qui conditionnent le choix des localisations commerciales. Mais, sa théorie appelée aussi principe de différenciation minimale explique aussi la tendance de certains magasins à se regrouper. Si l'on considère à nouveaux les deux sociétés A et B identiques qui souhaitent maximiser leur profit en vendant des produits identiques au même prix en présence d'une demande inélastique et constante, en réduisant, par souci de simplification, l'éventail des localisations possibles de ces deux distributeurs à un segment de droite (xy), les entreprises vont chercher idéalement en premier lieu à se partager le marché en deux demi-segments sur lesquels elles occuperont des positions centrales (étape 1 - fig. 1).

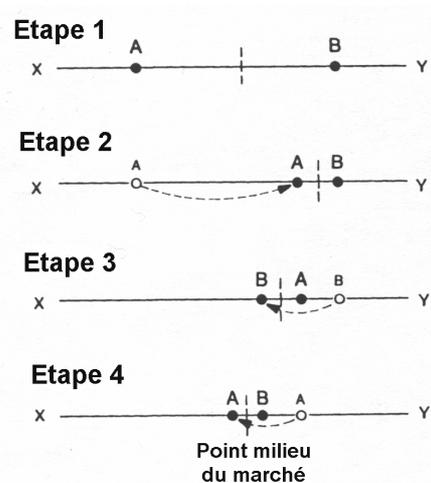


Fig. 2.1 - Le principe de différenciation minimale⁴³⁴

Dans un deuxième temps, l'une d'elles deviendra plus ambitieuse et s'installera vraisemblablement à proximité de l'autre de manière à être à la fois proche de son marché et à capter une part du marché concurrent (étape 2). Ensuite, l'entreprise B se sentant menacée jouera à "saute-mouton" pour aller empiéter sur le marché de l'autre (étape 3) ce qui

⁴³⁴ Source : BROWN S. (1992) Retail Location : A Micro-scale Perspective, Ashgate, England.

contraindra l'entreprise A à faire de même,... On s'aperçoit qu'au bout d'un certain temps, les entreprises A et B se seront toutes les deux regroupées au centre du marché qui correspond en fait au milieu du segment (XY).

Ainsi, la loi de Hotelling offre essentiellement la possibilité de comprendre la logique de répartition des points de vente concurrents dans l'espace sans pouvoir être utilisée en pratique dans une recherche de localisations optimales au sein d'un même réseau. Cependant, là encore, les explications de ces phénomènes restent purement spéculatives. Les points de vente ne sont généralement pas si mobiles que le laisse entendre le principe de différenciation minimale même si on assiste parfois dans la réalité à ce jeu de "saute-mouton" que Hotelling a introduit pour expliquer le regroupement des activités en groupes ou cellules. Les magasins plutôt qu'être nomades ont tendance à vouloir rentabiliser les investissements qu'ils ont consacrés à un site et à rester donc assez longtemps à un emplacement donné.

2.1.2 La loi de Reilly et la formule du point de rupture

En se fondant sur une analogie avec les propriétés de pesanteur des corps célestes, la population intermédiaire I localisée entre deux pôles urbains A et B sera attirée par chacun de ces pôles proportionnellement à leur taille et en proportion inverse de la distance entre la zone I et les pôles urbains A et B ⁴³⁵:

$$\frac{V_a}{V_b} = \left[\frac{P_a}{P_b} \right]^\alpha \times \left[\frac{D_b}{D_a} \right]^\beta$$

V_a et V_b : Proportion des ventes réalisées en A et B auprès des habitants de la zone intermédiaire I,

P_a et P_b : population des pôles urbains A et B,

D_a et D_b : distance entre la zone intermédiaire I et les pôles urbains A et B,

α : coefficient positif mesurant l'importance du facteur population sur le niveau des ventes,

⁴³⁵ REILLY W. J. (1931) *The Law of Retail Gravitation*, W. Reilly ed, 285 Madison Ave, New York, NY.

β : coefficient positif mesurant l'impact de la distance entre clients et point de vente jouant sur le niveau des ventes.

Comme α et β sont souvent pris égaux à 1 et à 2 respectivement^{436 437}, on obtient la formule:

$$\frac{V_a}{V_b} = \frac{P_a}{P_b} \times \frac{D_b^2}{D_a^2}$$

Pour délimiter la frontière de la zone de chalandise de deux aires de marché éloignées, les populations des pôles urbains A et B, V_a et V_b , sont remplacées par la surface de vente des deux zones. Le point de rupture de l'attractivité commerciale issue du pôle urbain A et du pôle B est alors indiqué par son abscisse X à partir du pôle A :

$$x = \frac{\text{distance entre le pôle A et le pôle B}}{1 + \sqrt{\frac{\text{surface de vente du pôle B}}{\text{surface de vente du pôle A}}}}$$

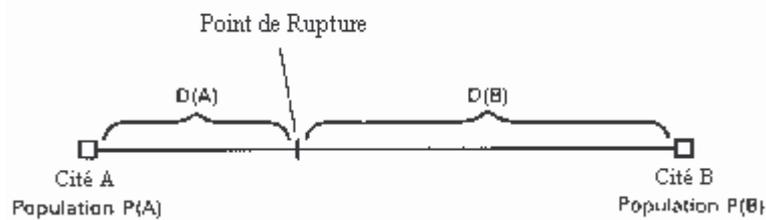


Fig. 2.2 - Illustration de la Formule du Point de Rupture

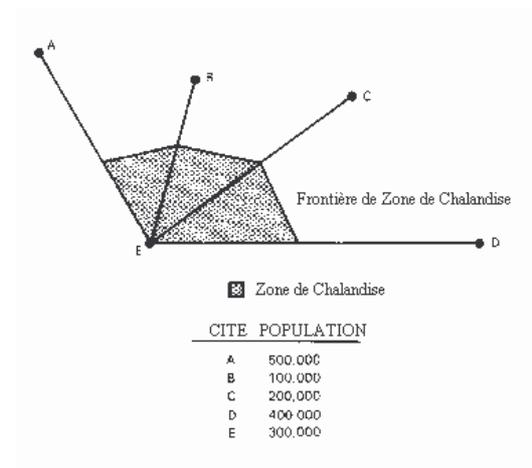


Fig. 2.3 - Estimation d'une Zone de Chalandise par la Méthode du Point de Rupture

⁴³⁶ CONVERSE P.D. (1949) New Laws of Retail Gravitation, *Journal of Marketing* 14, p.379-384.

⁴³⁷ GUIDO P. (1971) Vérification Expérimentale de la Formule de Reilly en Tant que Loi d'Attraction des Supermarchés en Italie, *Revue Française de Marketing* n°39, p. 101-107.

De nombreuses études empiriques dont celles de Reilly lui-même sont venues confirmer la validité de sa loi même s'il s'avère que l'exposant de la distance n'était pas forcément le carré. Converse⁴³⁸ a vérifié la loi de Reilly avec un coefficient α égal à 1 et β égal à 2 pour un certain nombre de centres urbains en Illinois, mais la puissance prédictive de la formule a semblé diminuer quand les centres concurrents étaient approximativement de taille égale. Elle a également servi à localiser des agences bancaires⁴³⁹. La loi de Reilly, très théorique, suppose une isotropie de l'espace, l'absence de barrières naturelles, un comportement invariable des consommateurs en tout point de l'espace ce qui n'est pas forcément le cas. Ainsi, la localisation optimale du magasin selon les hypothèses de la loi de Reilly se trouve au cœur même du bassin de population en l'absence de concurrence.

En résumé, prétendre que la forme de la zone de chalandise ne dépend que de l'importance des populations en présence et de la seule surface commerciale des points de vente est assez hasardeux alors même que les magasins ont en général une attractivité propre vis-à-vis de consommateurs éventuels qui n'ont pas forcément les mêmes attentes. Le modèle de Huff à l'approche probabiliste reprend cependant les mêmes hypothèses approximatives que la loi de Reilly à savoir que seules la distance entre le point de vente et les clients potentiels d'une part, et la surface de vente du point de vente d'autre part influenceront l'importance de sa fréquentation.

2.1.3 La méthode des secteurs proximaux et la théorie des places centrales de Christaller

La théorie des places centrales rend compte de la taille, de l'espacement et du nombre des villes. On considère un espace géographique non différencié, une zone homogène, où la densité de population est uniforme, où tous les habitants ont le même revenu à dépenser et où

⁴³⁸ CONVERSE P.D. (1949) New Laws of Retail Gravitation, *Journal of Marketing* 14, p.379-384.

⁴³⁹ JOLIBERT A., ALEXANDRE D. (1981) L'utilisation du modèle gravitaire généralisé dans la localisation des agences bancaires, *Techniques Economiques*, 123, 31-44.

les biens sont offerts à des prix identiques, auxquels s'ajoutent seulement les coûts de transport, lesquels ne dépendent que de la distance au centre. On fait aussi l'hypothèse d'un comportement rationnel des individus, qui cherchent à se procurer les biens et les services au meilleur coût et s'approvisionnent donc au centre le plus proche.

Selon cette théorie ⁴⁴⁰, dans cet espace physique idéal représenté par une distribution uniforme des consommateurs pouvant se déplacer uniformément, la localisation des magasins est régulière et occupe le sommet d'hexagones. Ces sommets correspondent aux points d'accessibilité maximale pour les consommateurs potentiels de la zone de chalandise. Christaller traite, sur une base hiérarchique, les points de vente selon leur niveau d'importance et prouve que la localisation d'un point de vente d'un niveau plus élevé (chiffre d'affaires plus important pour plus de clients avec une exigence plus élevée) sera optimale au centre de l'hexagone constitué par six magasins élémentaires:

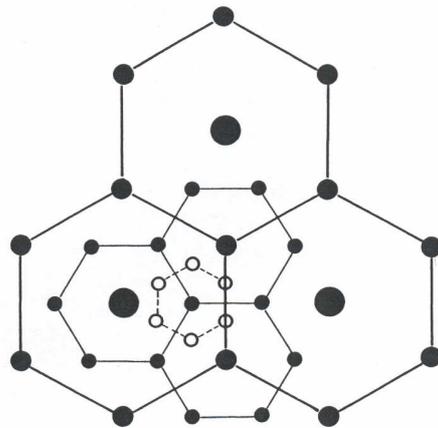


Fig. 2.4 - Les hexagones de la théorie des places centrales

Plus précisément, La disposition des lieux centraux qui permet de desservir toute la population en couvrant tout l'espace (pavage du territoire) varie alors selon le point de vue que l'on privilégie:

⁴⁴⁰ CHRISTALLER W. (1935) *Die Zentralen Orte in Süddeutschland*, G.Fischer, Germany, Jena.

- **le principe de marché:** si l'on veut maximiser le nombre de lieux centraux (meilleure desserte de la population) tout en assurant un partage équitable de la clientèle entre les centres, les villes d'un même niveau hiérarchique sont disposées au sommet de triangles équilatéraux. La limite d'influence de chaque ville passe par le milieu de chaque côté du triangle, ce qui forme autour de chaque ville une zone d'influence hexagonale. Chaque centre de niveau inférieur est partagé entre l'influence de trois centres de niveau supérieur. La superficie de la zone desservie par un centre est trois fois plus grande que celle que dessert un centre de niveau immédiatement supérieur (rapport $k=3$);

- **le principe de transport:** si l'on déforme la configuration des villes précédentes de façon à en placer plusieurs sur un même axe de transport, afin de réduire les coûts d'infrastructures de circulation, on obtient une hiérarchie où la dimension de la zone d'influence d'un centre supérieur est quatre fois celle d'un centre de niveau immédiatement inférieur (rapport $k=4$);

- **le principe administratif:** les fonctions d'encadrement politique et de gestion territoriale ne se partagent pas entre des centres concurrents, mais s'exercent dans des circonscriptions aux limites fixées et sans recouvrement. Chaque ville au centre d'une circonscription hexagonale contrôle six centres de niveau inférieur, et la superficie de sa zone d'influence est sept fois celle d'un centre de niveau inférieur (rapport $k=7$)⁴⁴¹.

La méthode des secteurs proximaux suppose que les consommateurs choisiront le service le plus proche d'eux selon l'hypothèse de la théorie des places centrales. Les zones de chalandise

⁴⁴¹ CHAMUSSY H., CHAPELON L., DURAND-DASTES F., ELISSALDE B., GRASLAND C., GRATALOUP C., PUMAIN D., ROBIC M.C., SANDERS L., SAINT-JULIEN T. (2001) <http://www.cybergeog.presse.fr/>

ou secteurs proximaux sont dessinés en construisant des polygones de Thiessen ⁴⁴² ou de Dirichlet ⁴⁴³ qui représentent chacun la surface polygonale la plus proche d'un magasin particulier que de tout autre. Ces polygones se dessinent en 4 étapes élémentaires. Premièrement, on localise les points de vente ou de services sur une carte, ensuite on lie chaque point les uns aux autres, troisièmement on trace la médiatrice à partir du point médian de chaque segment et enfin, on prolonge les médiatrices pour former à leurs inter-parties les sommets des polygones de Thiessen.

La méthode des secteurs proximaux essentiellement géométrique permet de repérer les lacunes spatiales représentant autant d'opportunités d'implantation en supposant qu'une saturation de l'espace commercial se note par de petits polygones contrairement à une vaste zone polygonale dotée d'un fort potentielle.

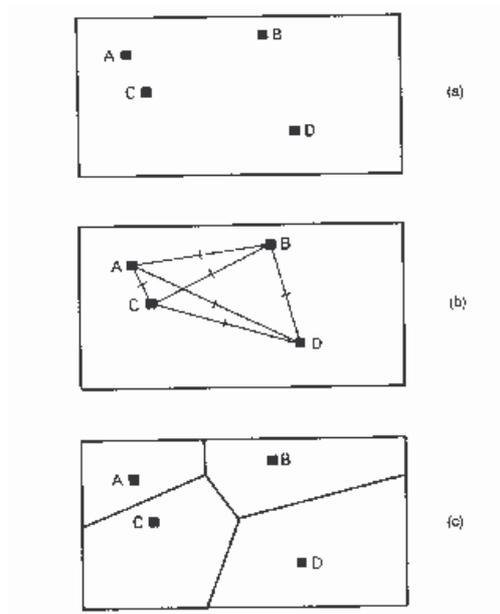


Fig. 2.5 - Etapes pour la Détermination des Secteurs Proximaux ⁴⁴⁴

⁴⁴² THIESSEN A.H. et ALTER J.C. (1911), Precipitation Averages for Large Areas, *Monthly Weather Review*, 39, p. 1082-1084.

⁴⁴³ DIRICHLET, G. L. (1850), Über die Reduktion der Positiven Quadratischen Formen mit Drei Unbestimmten Ganzen Zahlen, *Journal für die Reine und Angewandte Mathematik* 40, p. 216.

⁴⁴⁴ GHOSH A. et McLAFFERTY S.L. (1987) *Location Strategies for Retail and Service Firms*, Lexington Books, Reading, Mass.

En accord avec les hypothèses posées par Christaller, on sous-entend en utilisant cette méthode qu'il n'y a aucune complémentarité entre les points de vente contrairement à ce qui est constaté pour certaines activités qui ont au contraire tendance à se regrouper pour augmenter leur pouvoir d'attractivité^{445 446}. Ce phénomène n'est pas nouveau et a été constaté chez les confréries et guildes d'artisans et de commerçants au moyen-âge ou dans les souks des pays du Maghreb⁴⁴⁷.

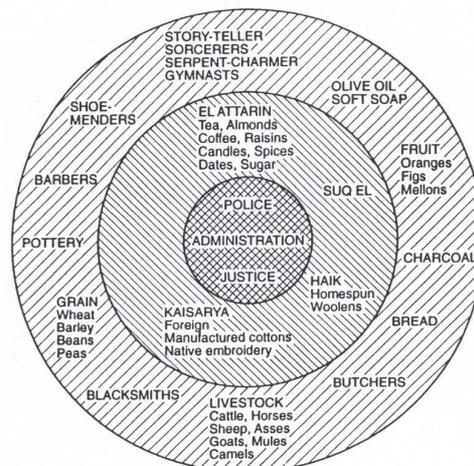


Fig. 2.6 - Répartition des commerces et de l'artisanat par métier dans un souk marocain⁴⁴⁸

Le problème est qu'un secteur du marché souvent composé de distributions non-isotropes de consommateurs engendre donc une distorsion de la forme de la zone de chalandise⁴⁴⁹.

Quelques tentatives ont tout de même été réalisées pour prolonger le modèle de Christaller grâce à des transformations géographiques permettant de convertir un environnement non-isotrope en un environnement isotrope et réciproquement⁴⁵⁰. D'autres chercheurs comme Lösch ont tenté d'expliquer la taille et l'organisation de certaines villes à partir de ce modèle⁴⁵¹. A peu près à la même époque que durant les recherches de Christaller, Reilly allait,

⁴⁴⁵ HOTELLING H. (1929) Stability in Competition, *The Economic Journal*, vol. 39, p. 41-57.

⁴⁴⁶ DELOZIER M.W. et LEWISON D.M. (1986) *Retailing*, 2nd ed., Merrill.

⁴⁴⁷ FOGG W. (1932) The Suq: a study in the human geography of Morocco, *Geography* 12, p. 257-258.

⁴⁴⁸ BROWN S. (1992) *Retail Location: A Micro-Scale Perspective*, Edit. Ashgate, Grande-Bretagne.

⁴⁴⁹ ISARD W. (1956) *Location and Space Economy*, p. 254-287, New York.

⁴⁵⁰ GETIS A. (1961) The Determination of the Location of Retail Activities with the Use of a Map Transformation, *Economic Geography*, p. 12-22.

⁴⁵¹ LÖSCH A. (1940) *Die Räumliche Ordnung der Wirtschaft*, Fischer, Iena.

lui, introduire un modèle tenant compte de la répartition des clients et des points de vente ainsi que de leur interaction réciproque.

2.1.3 Le modèle de Huff

Huff⁴⁵² a été le premier à introduire au début des années 60 un modèle d'interaction spatiale tenant compte de la concurrence. Selon lui, un consommateur n'est pas rivié irrémédiablement à un magasin mais est susceptible d'hésiter entre plusieurs choix de lieux d'achats. Tous les magasins ont donc une chance d'être fréquentés, cette approche probabiliste tranchant avec l'approche déterministe qui prévalait à cette époque. Selon Huff, la surface de vente du commerce en particulier joue un rôle important dans son attractivité vis-à-vis des clients tout autant que sa proximité.

La probabilité qu'un consommateur au point i fréquente un magasin particulier au point j est donnée par l'axiome de Luce⁴⁵³:

$$P_{ij} = \frac{U_{ij}}{\sum_{k \in N_i} U_{ik}}$$

avec l'utilité du point de vente $U_{ij} = S_j^\alpha D_{ij}^\beta$

et S_j : la taille du point de vente j

D_{ij} : la distance entre le consommateur en i et le magasin en j

α et β reflètent l'importance accordée à la taille et à la distance dans la décision du consommateur de fréquenter tel ou tel magasin. Etant donné que l'utilité diminue avec la distance, le paramètre β est négatif.

Plus l'utilité est grande, plus le consommateur aura tendance à être attiré par le point de vente.

Il est à noter que dans la formule, la taille S_j du point de vente en j peut être remplacée par

⁴⁵² HUFF D. L. (1964) Defining and Estimating a Trading Area, *Journal of Marketing*, Vol 28, p. 38.

⁴⁵³ LUCE R. (1959) *Individual Choice Behavior*, New York: John Wiley & Sons.

une quelconque autre mesure de l'attractivité du magasin comme dans le modèle MCI que nous examinerons un peu plus loin. Le modèle de Huff est approximatif de la même façon que la loi de Reilly puisque, comme nous l'avons vu au chapitre 1, l'étendue et la forme de la zone de chalandise conditionnant la fréquentation du point de vente dépendent de nombreux facteurs environnementaux, socio-économiques et marketing (les caractéristiques propres du magasin) autres que la distance à la clientèle ou que la surface commerciale. Le modèle de Huff a cependant, vis-à-vis de la loi de Reilly, l'avantage de pouvoir comparer entre elles plusieurs localisations potentielles par le calcul des probabilités de fréquentation. Il peut constituer une approche rapide et sommaire pour évaluer très grossièrement la qualité d'un site par rapport à un autre malgré le fait que les paramètres de puissance α et β demandent à être évalués au préalable grâce éventuellement à l'expérience tirée de points de vente existants pour lesquels on connaît les surfaces commerciales, les fréquentations et la distance moyenne des consommateurs au point de vente.

2.1.5 Le modèle MCI

Le modèle MCI ou Modèle Interactif de Concurrence (multiplicative competitive interaction) est en fait une prolongation du modèle de comportement spatial de Huff avec l'avantage de tenir compte d'autres facteurs que la distance ou la surface de vente. Dans ce modèle, on a simplement remplacé la surface S_j dans la formule de Huff donnant la probabilité de fréquentation du magasin j par le consommateur i par une mesure plus générale de l'attractivité du magasin comportant L facteurs d'attraction A_{ij} à la puissance α_i (facteurs d'attraction pouvant être comme nous l'avons déjà dit le service de paiement par carte

bancaire, le nombre d'allées du magasin, le nombre de caisses, l'emplacement à une intersection ⁴⁵⁴ ou des paramètres subjectifs comme l'image du magasin ^{455 456}) :

$$\prod_{l=1}^L A_{lj}^{\alpha_l}$$

Cette probabilité devient donc:

$$P_{ij} = \left(\prod_{l=1}^L A_{lj}^{\alpha_l} \right) D_{ij}^{\beta} / \sum_{k \in N_i} \left(\prod_{l=1}^L A_{lk}^{\alpha_l} \right) D_{ik}^{\beta}$$

N_i étant le nombre d'alternatives de points de vente où les consommateurs sont susceptibles d'effectuer leurs emplettes. Les différents paramètres du modèle MCI peuvent être calculés par la méthode classique des moindres carrés ⁴⁵⁷. Les consommateurs font effectivement appel à leurs affections personnelles pour fréquenter tel ou tel point de vente ⁴⁵⁸. Ce phénomène a permis de distinguer MCI objectif qui ne se préoccupe que de données rationnelles le plus souvent liées au magasin (ex. surface de vente, prix, nombre de caisses), du MCI subjectif ⁴⁵⁹ qui prend en compte les perceptions des consommateurs quant aux attributs les plus déterminants pour le choix du point de vente. Le modèle MCI subjectif montre des taux d'explication de la variance dans la régression bien supérieurs du fait de l'importance de la perception dans le choix du magasin, la difficulté étant néanmoins de quantifier cette perception sur une échelle de mesure. Le MCI objectif et le modèle de Huff sous-entendent un calibrage parfait dans toutes les cellules du découpage géographique de l'analyse (ou condition de stationnarité) avec l'incertitude non levée de savoir si les consommateurs auront

⁴⁵⁴ JAIN K. et MAHAJAN V. (1979) Evaluating the Competitive Environment in Retailing Using Multiplicative Interactive Model, *Research in Marketing*, Vol. 2, Jagdish Sheth ed., Greenwich, Conn.: JAI Press.

⁴⁵⁵ NEVIN J.R. et HOUSTON M.J. (1980) Image as a Component of Attraction to Intraurban Shopping Areas, *Journal of Retailing*, Vol. 56, No. 1, pp.77-93.

⁴⁵⁶ COOPER L.G. et FINKBEINER C.T. (1983) A Composite MCI Model for Integrating Attribute and Importance Information, *Advance in Consumer Research*, 109-113.

⁴⁵⁷ NAKANISHI M. et COOPER L.G. (1974) Parameter Estimates for Multiplicative Competitive Interaction Models: Least Square Approach, *Journal of Marketing Research* 11: 303-311.

⁴⁵⁸ WRIGHT P. et RIPS P.D. (1981) Retrospective Reports on the Causes of Decisions, *Journal of Personality and Social Psychology* 40, 601-614.

⁴⁵⁹ STANLEY T.J., SEWALL M.A. (1976) Image Inputs to a Probabilistic Model: Predicting Retail Potential, *Journal of Marketing*, 40 (July), 48-53.

ou non des réactions différentes d'une cellule à l'autre⁴⁶⁰. Ainsi, certaines personnes résidant dans les secteurs résidentiels les plus isolés peuvent par exemple être beaucoup plus sensibles à la distance que le reste de la population en raison du manque d'accès aux transports⁴⁶¹. Le modèle MCI a pourtant montré son efficacité en particulier sur le marché du meuble⁴⁶² où des variables subjectives telles que l'influence de la promotion sur les décisions d'achat, la qualité des produits et de l'accueil ont été prises en compte. Le modèle a alors été calibré dans chaque cellule de découpage géographique pour respecter la condition de stationnarité⁴⁶³ et des facteurs subjectifs comme le jugement des consommateurs ont été introduits en utilisant la transformation mathématique du zéta-carré⁴⁶⁴. Cependant, le traitement et la détection de la non-stationnarité est difficile même s'il existe des moyens mathématiques de s'en affranchir comme la procédure du jackknife popularisée par Tukey⁴⁶⁵ et donc le modèle MCI reste difficile à mettre en pratique pour les problématiques de localisation des professionnels. Mais, l'approche MCI peut être adoptée, si on le souhaite, en complément du modèle analogique, pour localiser un magasin unique ou en complément du modèle de localisation-allocation dans un processus de localisation multiple⁴⁶⁶.

2.1.6 Le modèle MNL

Le modèle MNL ou Multinomial Logit est un modèle destiné à analyser le processus de choix des consommateurs. Il prend l'hypothèse que les alternatives de choix sans rapport les unes

⁴⁶⁰ GHOSH A. (1984) Parameter Nonstationarity in Retail Choice Models, *Journal of Business Research* 12, 425-426.

⁴⁶¹ GHOSH A. et McLAFFERTY S. (1987) *Location Strategies for Retail and Service Firms*, Lexington Books, p.117.

⁴⁶² CLIQUET G. (1990) La Mise en Œuvre du Modèle Interactif de Concurrence Spatiale (MICS) Subjectif, *Recherche et Applications en Marketing* 5 / 7, 3-18.

⁴⁶³ GHOSH A. (1984) Parameter Nonstationarity in Retail Choice Models, *Journal of Business Research* 12, 425-426.

⁴⁶⁴ COOPER L.G. et NAKANISHI M. (1983) Standardizing Variables in Multiplicative Choice Models, *Journal of Consumer Research*, 10, 96-108.

⁴⁶⁵ TUKEY (1958) Bias and Confidence in Not-Quite Large Samples, *Annals of Mathematical Statistics* 29, p.614.

⁴⁶⁶ ACHABAL D.D., GORR W.L. et MAHAJAN V. (1982) Multiloc: A Multiple Store Location Decision Model, *Journal of Retailing*, 5-24.

avec les autres (IIA : Independence of Irrelevant Alternatives), liées à un processus aléatoire, sont des évènements indépendants et que l'introduction d'une nouvelle alternative de choix influencera la probabilité de choix de toutes les autres alternatives. La résolution du modèle s'apparente à l'analyse discriminante multiple. Si la probabilité de choix d'un magasin au point j par un consommateur au point i est, selon l'axiome de Luce⁴⁶⁷:

$$P_{ij} = \frac{U_{ij}}{\sum_{k \in N_i} U_{ik}}$$

alors le modèle MNL considère l'hypothèse que la part stochastique des fonctions d'utilité U_{ik} sont indépendantes et non corrélées. Le modèle MNL est surtout utilisé dans les transports, pour prévoir le choix du mode, pour analyser le choix des marques⁴⁶⁸ ou encore pour choisir l'emplacement de magasins⁴⁶⁹. Un modèle encore plus général, le NMNL ou nested multinomial logit, suppose que le choix entre deux alternatives ne dépend pas des caractéristiques d'une quelconque autre alternative: le consommateur prend d'abord le choix de fréquenter un point de vente et décide seulement ensuite lequel⁴⁷⁰. Le principe du NMNL est en fait d'établir une hiérarchie de préférence dans les choix et de prendre l'hypothèse qu'un individu prendra la décision correspondant à sa préférence la plus élevée en connaissant tous les choix de niveaux inférieurs et leurs caractéristiques⁴⁷¹. Ainsi, on prend l'hypothèse dans ce modèle qu'un consommateur sélectionnera le point de vente le meilleur selon ses propres critères parmi tous les points de vente qu'il connaît suffisamment pour s'en faire une opinion.

⁴⁶⁷ LUCE R. (1959) *Individual Choice Behavior*, New York: John Wiley & Sons.

⁴⁶⁸ HRUSCHKA H., FETTES W. et PROBST M. (2001) A Neural Net-Multinomial Logit (NN-MNL) Model to Analyze Brand Choice. In: Govaert, G., Janssen, J., Limnios, N. (eds.): *Applied Stochastic Models and Data Analysis*, Volume 2. ASMDA, Compiègne 2001, 555-560.

⁴⁶⁹ FOTHERINGHAM A. S. (1988) Market Share Analysis Techniques : A review and Illustration of Current US Practice, in *Store Choice, Store Location and Market Analysis*, Neil Wrigley, Routledge, 120-159.

⁴⁷⁰ GUPTA I. et DASGUPTA P. (2000) Report : Demand for Curative Health Care in Rural India : Choose between Private, Public and No Care, *Programme on Research Development of the National Council of Applied Economic Research* sponsored by the United Nations Development Programme, Dec. 2000.

⁴⁷¹ DENG Y., ROSS L.S. et WATCHER S.M. (1999) Employment Access, Residential Location and Homeownership, Lusk Center for Real Estate Report, Los Angeles.

2.2 Les modèles de localisation multiple

Pouvoir gérer en parallèle plusieurs points de vente, outre l'intérêt économique qu'une telle organisation commerciale représente, permet de réaliser des économies d'échelle sur la promotion, la main d'œuvre et la distribution. Ce mode de gestion synergique de plusieurs implantations offrant une meilleure représentation géographique conduit également à diminuer le risque lié à l'incertitude de l'environnement économique qui pèse tant sur un magasin individuel. Ces avantages ne sont effectifs que si les localisations des différents points de vente ont été examinées avec soin, l'impact réciproque d'ouverture d'un magasin sur l'activité de l'autre étant alors connu.

La problématique de localisation multiple contraint le décideur à trouver la réponse à quatre questions^{472 473} dont :

- sur quels marchés faut-il s'implanter ?
- combien de points de vente faut-il créer ?
- comment évaluer les localisations possibles ?
- quelles seront la taille et les caractéristiques des magasins et des sites retenus ?

Parmi les instruments capables de répondre à ces questions, on trouve :

- les modèles de localisation-allocation⁴⁷⁴,
- le modèle Multiloc⁴⁷⁵,
- la méthode d'analyse de portefeuille⁴⁷⁶.

⁴⁷² KOTLER Philippe (1971) *Marketing Decision Making : A Model Building Approach*, Holt, Rinehart et Winston, NY.

⁴⁷³ CLIQUET G. (1992) *Le Management Stratégique des Points de Vente*, p.187, Ed. Sirey.

⁴⁷⁴ GHOSH A., RUSHTON G. (1987) *Spatial Analysis and Location-Allocation Models*, Van Nostrand, Rheinhold, 1987.

⁴⁷⁵ ACHABAL D.D., GORR W.L. et MAHAJAN V. (1982) Multiloc: A Multiple Store Location Decision Model, *Journal of Retailing*, 5-24.

⁴⁷⁶ MAHAJAN V., SHARMA S. et SRINIVAS D. (1985) An Application of Portfolio Analysis for Identifying Attractive Retail Locations, *Journal of Retailing*, vol.61, n°5, hiver 1985, 19-34.

2.2.1 les méthodes de localisation-allocation

Pour faciliter la recherche d'implantation, différents modèles baptisés modèles de localisation-allocation ont été mis au point. La question fondamentale soulevée par ces modèles est de savoir comment approvisionner ou servir au mieux une aire géographique vaste à partir d'un nombre limité de points de vente. Etant donné que les entreprises ont toutes des moyens financiers limités (coûts d'ouverture et d'exploitation), le nombre maximal de commerces de détail à ouvrir est souvent fixé au préalable et constitue une donnée de base de ce type de modèle. Les modèles de localisation-allocation prennent d'une manière générale l'hypothèse que la probabilité d'un consommateur de fréquenter un point de vente ou de service donné est d'autant plus élevée qu'il en est plus proche, compte-tenu de son niveau d'attractivité. L'analyse tend ainsi à réduire la distance moyenne séparant l'ensemble des consommateurs au point de vente le plus proche de son domicile en maximisant l'accessibilité des localisations. Les modèles de localisation-allocation regroupent d'une manière générale cinq composants de base dont :

- **la fonction objectif** : c'est une fonction qui intègre la notion de distance séparant les consommateurs aux emplacements potentiels des points d'offre ainsi éventuellement qu'une mesure de leur attractivité. Elle quantifie donc l'accessibilité globale des points d'offre vis-à-vis des clients ou bien encore une mesure de la viabilité économique des emplacements.
- **les points de demande** : ils représentent le niveau de la demande concernant un ensemble de marchandises ou de services concernant un certain zonage géographique pouvant être une région, une ville ou un quartier. Les points de demande

correspondent en général à des cellules densément peuplées où réside un pouvoir d'achat intéressant pour l'activité considérée.

- **les emplacements potentiels** : ce sont les localisations possibles en termes de disponibilité foncière, coût, accessibilité.
- **la matrice d'éloignement ou de temps** : cette matrice rend compte de la distance géographique ou temporelle séparant les emplacements potentiels des points de demande. Plus précisément, ces distances peuvent être mesurées en pâtés de maison, en distance kilométrique à vol d'oiseau, en terme de cheminement piétonnier, en temps de conduite selon la clientèle considérée et les moyens investis pour la déterminer.
- **la règle d'allocation** : cette règle spécifie de quelle manière les emplacements potentiels seront alloués aux points de demande. On peut par exemple considérer dans le cas le plus simple que chaque client fréquentera le point de vente le plus proche de son domicile, la règle d'allocation étant alors la proximité géographique. Il est possible d'envisager des règles plus complexes à savoir par exemple que la fréquentation de tel ou tel point de vente dépendra de la saison et se reportera sur un autre emplacement à d'autres moments de l'année.

Ainsi, compte tenu de ces cinq facteurs décrivant entièrement un modèle de localisation-allocation donné, l'espace commercial peut être apprécié sous la forme d'un réseau constitué de nœuds caractérisés par une certaine demande et/ou pouvant accueillir un point d'offre, les segments liant les nœuds de ce réseau représentant les éloignements. A ce réseau doit être néanmoins associé une fonction objectif qui, exprimé le plus souvent sous forme mathématique, spécifie la manière selon laquelle les clients opteront pour tel ou tel emplacement potentiel.

Dans le cas où n'existerait qu'un seul point d'offre à localiser, le problème revient à le placer virtuellement tour à tour à l'un ou à l'autre des emplacements potentiels puis à choisir celui pour lequel la fonction objectif est la plus favorable. Tout se complique si l'on doit localiser plusieurs activités, car le nombre de nœuds étant souvent élevé, il devient pratiquement impossible physiquement, même avec des ordinateurs puissants, de calculer la fonction objectif exhaustivement pour chacune des combinaisons d'emplacements envisageables. Il a donc été développé pour cela des solutions approchées par la mise en œuvre d'heuristiques qui conduisent, non pas à une série de localisations optimales mais tout au moins à un niveau satisfaisant de la fonction objectif.

L'un des premiers modèles de localisation-allocation a été développé par Alfred Weber avec comme problématique la réduction du coût total de transport de matières premières à l'usine et de l'usine au marché.

Le modèle p-médian

La recherche opérationnelle en matière de localisations d'activités a été l'une des préoccupations majeures pour beaucoup de champs d'applications (logistique, transport, grande distribution, services bancaires, assurance). En particulier, en ce qui concerne la localisation de points de vente ou de services ou même d'entrepôts, une problématique importante est de trouver les localisations pour un nombre p d'activités devant fournir n clients de telle manière que la somme de l'ensemble des distances séparant chaque activité aux clients les plus proches soit minimale. Ce problème lié à un réseau discrétisé bien identifié est classiquement connu sous le nom de p -médian^{477 478} qui trouve son origine au début du

⁴⁷⁷ HAKIMI S.L. (1965) Optimum Distribution of Switching Centers in a Communication Network and Some Related Graph Theoretic Problems, *Operations Research* 13, 462-475.

⁴⁷⁸ REVELLE C. et SWAIN R. (1970) Central Facilities Location, *Geographical Analysis*, 2, 30-40.

XXème siècle dans les réflexions d'Alfred Weber ⁴⁷⁹ sur la meilleure manière de placer un centre de production par rapport aux sources de matières premières. En pratique, le problème du p-médian (nommé en abrégé p-MP) est soulevé dans la plupart des réseaux qu'ils soient routiers, aériens ou téléphoniques ^{480 481}. Handler et Mirchandani ⁴⁸² ont dressé la liste très variée des applications potentielles du modèle p-médian comme les décisions de localisation pour les services d'urgence (police, pompiers, urgences médicales), les réseaux de communication et informatique (localisation des fichiers informatiques sur une série de serveurs identifiés), les applications militaires (centres militaires stratégiques), les activités de service public ou privé (les magasins, centres commerciaux, postes), les activités de transport (arrêts de transport en commun, entrepôts), l'intelligence artificielle et les modèles statistiques (partition de nuage de points). Mais, les applications vraiment centrées sur le domaine de la distribution ont été mises en œuvre dans les années 1980 avec comme objectif principal d'optimiser le nombre de points de vente et leurs emplacements, connaissant la localisation précise de consommateurs, les coûts de déplacement et éventuellement la demande ^{483 484 485}. Le présent exposé même s'il se concentre sur l'application à la localisation spatiale d'activités, pourrait très bien être directement transposé aux autres domaines précédemment cités.

Il existe bien entendu de nombreux autres modèles dits de localisation-allocation que le p-médian, plus ou moins bien adaptés selon les cas. On peut citer parmi eux le modèle p-centré⁴⁸⁶ qui recherche les p localisations les plus proches de clients: créer p activités, en

⁴⁷⁹ WEBER A. (1909) *Über den Standort der Industrien*, Tübingen, Traduction Anglaise de Friedrich (1929) *Theory of the Location of Industries*, University of Chicago Press, Chicago.

⁴⁸⁰ DASKIN M.S. (1995) *Network and Discrete Location - Models, Algorithms and Applications*, John Wiley and Sons, Inc., New York..

⁴⁸¹ GALVAO R.D. (1993) Use of Lagrangean Relaxation in the Solution of Uncapacitated Facility Location Problems, *Location Science 1*, 57-70.

⁴⁸² HANDLER G.Y. et MIRCHANDANI P.B. (1979) *Locations on Networks*, MIT Press, Cambridge, MA.

⁴⁸³ GHOSH A. et CRAIG C.S. (1984) A Location Allocation Model for Facility Planning in a Competitive Environment, *Geographical Analysis*, Vol. 16, n°1, 39-51.

⁴⁸⁴ McLAFFERTY S.L. et GHOSH A. (1987) Optimal Location and Allocation with Multipurpose Shopping, *Spatial Analysis and Location-Allocation Models*, ed. Ghosh Avijit, Rushton Gerard, Van Nostrand Reinhold.

⁴⁸⁵ CLIQUET G. (1992) *Le Management Stratégique des Points de Vente*, p.187-191, Ed. Sirey.

⁴⁸⁶ KARIV O. et HAKIMI S.L. (1979) An algorithmic Approach to Location Problems, Part 1: The p-Centers, *SIAM J. Math.* 37, 513-538.

assignant chaque client à l'une d'entre elles, de telle manière que la distance maximale de n'importe quelle activité à l'ensemble de ses clients soit minimale. Cette problématique, dénommée également minimax, cadre bien avec la localisation d'ambulances ou de stations de pompiers qui doivent être les plus proches possibles des zones d'intervention. Il existe des modèles plus élaborés et plus spécifiques à la localisation d'enseignes commerciales tels que le MCI⁴⁸⁷ déjà évoqué et associé au modèle Multiloc⁴⁸⁸, qui intègrent la notion de concurrence, le coût d'ouverture des points de vente ou même les attributs des magasins.

Mais, il est vrai que les caractéristiques des points de vente et des clients ne sont pas une information facile à obtenir, tâche d'autant plus ardue que le nombre de ces derniers est élevé. Rassembler des données sur les activités concurrentes s'avère également souvent particulièrement difficile pour le manager. C'est l'une des raisons pour laquelle notre thèse s'est concentrée sur le problème plus simple mais pas plus simpliste du p-médian. De plus, il est fondamental dans la plupart des projets d'ouverture de commerces (ou même d'entrepôts) d'être le plus proche possible de ses clients potentiels et de se mettre en quête d'un emplacement commercial en étant guidé par cette logique, au moins dans un premier temps. A quoi bon tenter en effet de chercher des informations sur une clientèle trop distante pour être conquise par le service offert au sens large du terme ! D'une manière générale, on peut distinguer deux catégories de clientèle⁴⁸⁹ : l'une domiciliée dans une zone proche du point de vente nommée zone de chalandise, est attirée par un point de vente jouant le rôle d'un pôle (attraction polaire). L'autre, ayant un caractère plus aléatoire, est induite par le flux de clientèle passant à proximité du point de vente et interceptée par ce dernier (attraction passagère). Les points de vente eux-mêmes selon le produit ou le service proposés se rangent

⁴⁸⁷ NAKANISHI M. et COOPER L.G. (1974) Parameter Estimate for Multiplicative Competitive Interactive Model - Least Squares Approach, *Journal of Marketing Research*, 11, 303-311.

⁴⁸⁸ ACHABAL D.D., GORR W.L. et MAHAJAN V. (1982) Multiloc: A Multiple Store Location Decision Model, *Journal of Retailing*, 5-24.

⁴⁸⁹ CLIQUET G. (1997) Attraction Commerciale, Fondement de la Modélisation en Matière de Localisation Différentielle, *Revue Belge de Géographie*, 121ème année, p. 62-65.

dans l'une ou l'autre des catégories selon leur capacité à capter le flux de clients circulant à proximité (ex.: bureau de poste, agence bancaire, distributeur automatique) ou à attirer "à distance" les consommateurs selon un principe similaire à celui de la gravitation étendue au commerce de détail par Reilly⁴⁹⁰ (ex.: agence d'intérim, supermarché, charcuterie, papeterie)⁴⁹¹. Certaines activités possèdent un caractère mixte et comptent donc les deux types de clientèle évoqués avec éventuellement une certaine prépondérance pour l'un ou pour l'autre (ex.: bar-café-brasserie, épicerie, pâtisserie).

Notre recherche visera à considérer la clientèle de points de vente ou de services jouant plutôt sur le principe de l'attraction polaire. Nous supposerons la localisation de cette clientèle au sein de zones de chalandise connue, par exemple identifiée par les adresses du domicile avec l'hypothèse que les clients seront d'autant plus fidèles (ou satisfaits) que le point de vente leur est proche. Les termes de "points de vente" et de "clients" peuvent être pris au sens large à savoir que le raisonnement qui suit s'appliquerait de la même manière à un service de livraison à partir d'entrepôts (les points de services) devant acheminer un produit vers des centres de distribution ou vers des détaillants (ex: services de tri postal et bureaux de poste; grossistes en boissons et cafés-bars-brasseries).

Bien que le modèle p-médian ne s'appuie que sur la notion de distance (ou de coût de déplacement) entre clients et sites potentiels d'activité, compiler les données sur les localisations de ces différents acteurs pour trouver une localisation proche de l'optimal demande beaucoup d'efforts et de temps de calcul ainsi que nous le constaterons plus loin.

2.2.1.1 Formulation mathématique du p-MP

La résolution du problème p-médian n'échappe pas à sa nécessaire rationalisation consistant à l'exprimer en langage mathématique: le p-MP sous-entend l'existence d'un réseau constitué

⁴⁹⁰ REILLY W. J. (1931) *The Law of Retail Gravitation*, W. Reilly ed, 285 Madison Ave, New York, NY.

⁴⁹¹ CLIQUET G. (1997) Attraction Commerciale, Fondement de la Modélisation en Matière de Localisation Différentielle, *Revue Belge de Géographie*, 121ème année, p. 66.

de nœuds ou points et de liens, ces derniers étant associés à un coût de déplacement représenté par la distance $d_{i,j}$ (distance du point i au point j). L'objectif est ainsi de trouver un emplacement optimal pour p activités au sein des nœuds du réseau en cherchant à minimiser la distance totale entre les p activités et les clients qui leur sont associés (un client est associé à une activité s'il se trouve plus proche de cette dernière que de toutes les autres). Les modèles p -médian pondérés et non-pondérés se différencient par le fait que les premiers tiennent compte de la demande a_i au point i avec l'objectif de minimiser la somme totale des distances pondérées par la demande.

D'une manière générale, la formulation mathématique du p -MP s'écrit de la façon suivante⁴⁹²:

$$\text{Minimiser } \sum_i \sum_j a_i d_{ij} x_{ij} \quad \text{représente la fonction objectif,} \quad (1)$$

$$\text{avec } \sum_j x_{ij} = 1, \quad \forall i, \quad \text{assure que tous les clients sont assignés à une activité et une seule,} \quad (2)$$

$$x_{ij} \leq y_j, \quad \forall i, j \quad \text{empêche d'assigner un client à une activité si elle n'est pas ouverte,} \quad (3)$$

$$\sum_j y_j = p, \quad \text{le nombre total d'activités est } p, \quad (4)$$

$$x_{ij}, y_j \in \{0,1\}, \quad \forall i, j \quad \text{nature binaire des variables } x_{ij}, y_j \quad (5)$$

où

a_i : la demande au nœud i ,

$d_{i,j}$: la distance du nœud i au nœud j ,

p : le nombre d'activités à localiser,

$x_{i,j} = 1$, si le nœud i est assigné à l'activité j et 0 autrement,

$y_j = 1$, si l'activité j est ouverte et 0 autrement.

⁴⁹² BEAUMONT J.R. (1987) Location-Allocation Models and Central Place Theory, *Spatial Analysis and Location-Allocation Models*, ed. Ghosh Avijit, Rushton Gerard, Van Nostrand Reinhold.

Cette formulation suppose que tous les nœuds du réseau ont la qualité de localisation potentielle pour les activités et que les p activités seront localisées en des points distincts. Dans le cas non-pondéré, les demandes a_i sont toutes égales à 1.

Le problème p -MP est réputé appartenir à la classe des problèmes connus comme étant NP-complets⁴⁹³: ses solutions issues d'algorithmes linéaires deviennent insolubles au fur et à mesure que le nombre des variables (activités et clients) augmente avec une progression exponentielle de la taille du problème. En effet, selon une logique d'analyse combinatoire, le nombre de solutions à examiner est en fonction de n , le nombre de nœuds, et p , le nombre d'activités à placer:

$$\frac{n!}{p!(n-p)!}$$

ce qui signifie par exemple que si l'on devait simplement chercher à placer 15 points de vente au milieu d'un réseau de 100 clients et que l'on dispose d'un ordinateur capable de réaliser un million d'opérations par seconde, le temps requis pour parvenir à la solution optimale serait de huit millénaires⁴⁹⁴ ! Dans le cas où l'on voudrait solutionner tous les problèmes p -médian (p variant de 1 à p activités à placer) si on ne connaît que le nombre maximum p d'activités à placer, le nombre de combinaisons à étudier serait alors de:

$$\sum_{j=1}^n \frac{n!}{p!(n-j)!} = 2^n - 1$$

Il existe donc un grand nombre d'heuristiques pour trouver une solution acceptable au problème p -Médian malgré le fait que toutes ces solutions ne convergent que vers des optima locaux et non vers une solution globale et qu'il ne soit pas possible a priori de connaître le niveau d'optimalité de cette solution. Dans les algorithmes de résolution fondamentaux, on trouve l'algorithme flou, l'algorithme de recherche de voisinage, une heuristique de

⁴⁹³ KARIV O et HAKIMI S.L. (1979) An Algorithmic Approach to Network Location Problems, Part 2: The p -median", *SIAM Journal of Applied Mathematics* 37, 539-560.

⁴⁹⁴ DASKIN M.S. (1995) *Network and Discrete Location - Models, Algorithms and Applications*, John Wiley and Sons, Inc., New York.

substitution⁴⁹⁵ et ses variantes⁴⁹⁶, cette dernière catégorie étant l'une des plus robustes selon Densham et Rushton⁴⁹⁷.

2.2.1.2 Les algorithmes de résolution du *p*-MP

Mais d'une façon générale, les heuristiques se rangent en deux classes⁴⁹⁸: les *algorithmes de construction* qui permettent de rechercher des localisations avec un degré d'optimalité faible et les *algorithmes d'amélioration* destinés comme leur nom l'indique, à améliorer les résultats fournis par les algorithmes de construction. Alors que l'algorithme flou est du type construction, l'heuristique de substitution et l'algorithme de recherche de voisinage ont une approche d'amélioration. Pour clarifier la signification de ces termes, nous passerons en revue le principe de mise en œuvre de ces heuristiques.

Localisation d'une activité unique dans la problématique du p-MP : le 1-médian

Examinons tout d'abord la recherche de solutions dans le cas le plus simple, la localisation d'une activité unique ou problème 1-médian. Dans le cas où, plus de la moitié de la demande $\sum_i a_i$ est localisée en un point, une des solutions optimales consiste à placer l'activité en ce nœud. Et si ce nœud concentre plus de la moitié de la demande, cette localisation est alors la localisation optimale unique⁴⁹⁹.

⁴⁹⁵ TEITZ M.B. et BART P. (1968) Heuristic Methods for Estimating the Generalized Vertex Median of a Weighted Graph, *Operations Research* 16, 955-961.

⁴⁹⁶ GOODSCHILD M.F. et NORONHA V. (1983), *Location-Allocation for Small Computers*, University of Iowa, Monograph N°8.

⁴⁹⁷ DENSHAM P.J. et RUSHTON G. (1992) A More Efficient Heuristic for Solving Large *p*-median Problems, *Papers in Regional Science: The Journal of the RSAI* 71/3, 307-329.

⁴⁹⁸ GOLDEN B, BODIN L., DOYLE T. et STEWART Jr. (1980) Approximate Travelling Salesman Algorithms, *Operations Research*, 28, 694-711.

⁴⁹⁹ DASKIN M.S. (1995) *Network and Discrete Location - Models, Algorithms and Applications*, John Wiley and Sons, Inc., New York.

La résolution du cas le plus général a été donnée par Goldman⁵⁰⁰. Elle consiste à choisir aléatoirement un nœud d'extrémité de branche sur le réseau et si au moins la moitié de la demande n'est pas fixée en ce nœud à le supprimer (ainsi que le lien) et à reporter sa demande sur le nœud suivant. Si l'un des nœuds du réseau concentre plus de la moitié de la demande, alors l'activité est à localiser en ce point et on peut calculer la distance totale pondérée par la demande.

Un exemple concret plus explicite selon Daskin⁵⁰¹ est donné par le réseau suivant qui compte une demande totale de 48 (la demande au point x est représenté par h_x) :

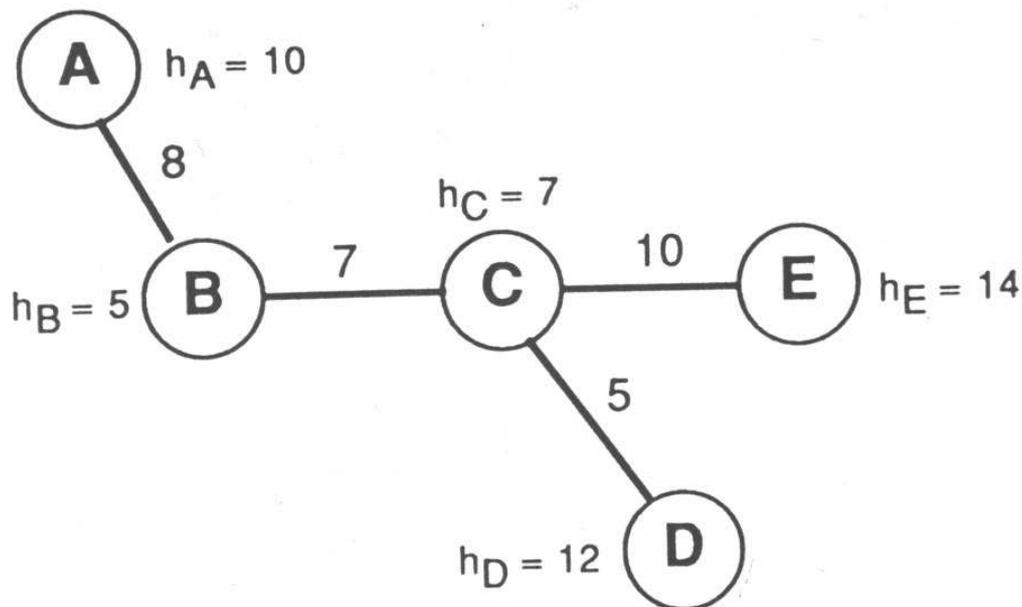


Fig. 2.7 - Méthode de résolution du 1-médian : étape 1

Aucun des nœuds ne compte plus de la moitié de la demande. Si l'on considère donc le point A dont la demande égale à 10 est inférieure à $48/2 = 24$, on reporte cette demande sur le point B en supprimant le point A, demande qui atteint alors $5 + 10 = 15$:

⁵⁰⁰ GOLDMAN IJ (1971) Optimal Center Location in Simple Networks; *Transportation Science* 5, 212-221.

⁵⁰¹ DASKIN M.S. (1995) *Network and Discrete Location - Models, Algorithms and Applications*, John Wiley and Sons, Inc., New York.

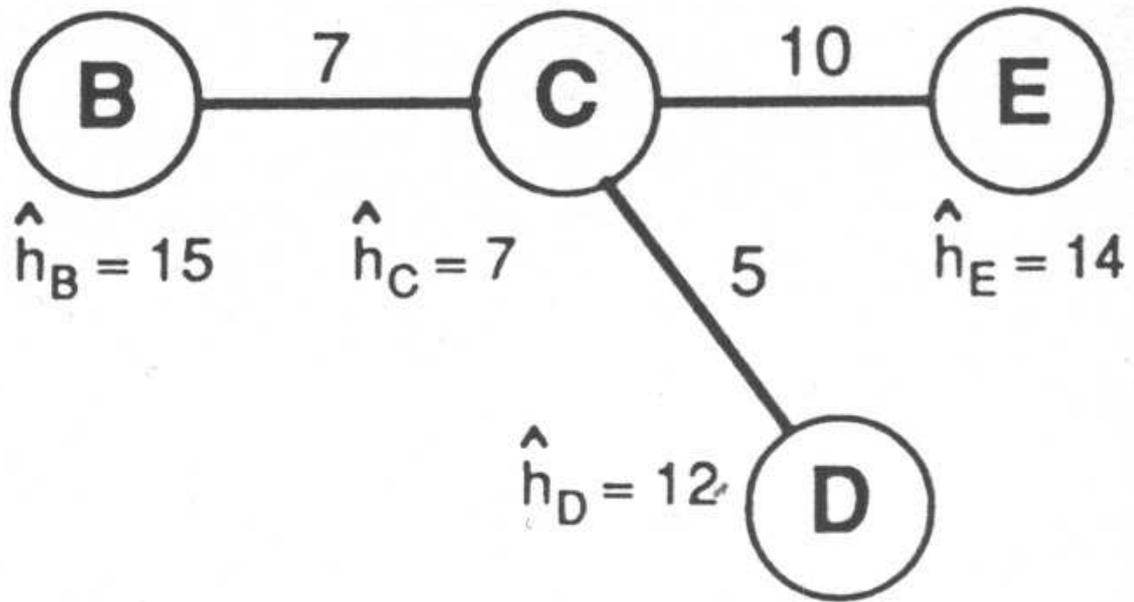


Fig. 2.8 - Méthode de résolution du 1-médian : étape 2

La demande en B égale à 15 est toujours inférieure à 24 (comme celle de tous les autres points). Supprimons alors le point D où la demande, 12, est la plus faible en la reportant sur le point adjacent C:

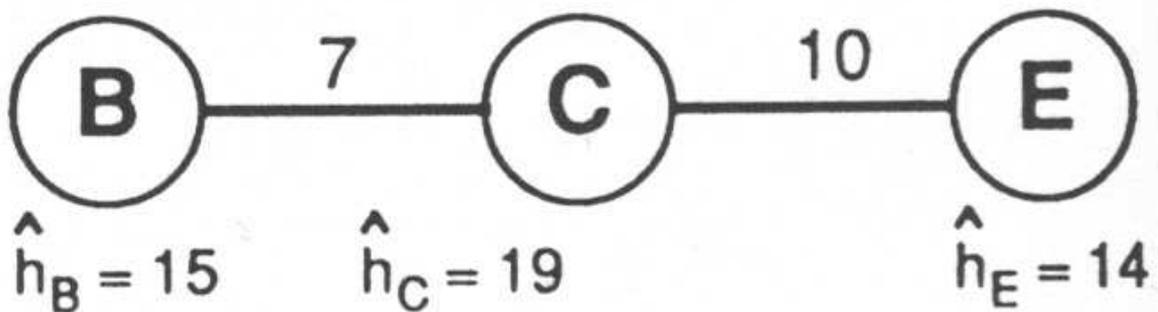


Fig. 2.9 - Méthode de résolution du 1-médian : étape 3

Comme les demandes de B, C et D sont toujours inférieures à 24, supprimons E et reportons sa demande sur C. On s'aperçoit alors que la demande de C égale à 33 est supérieure à la

demande totale divisée par deux (24), ce qui signifie que C est le point optimal sur lequel doit être placée l'activité:

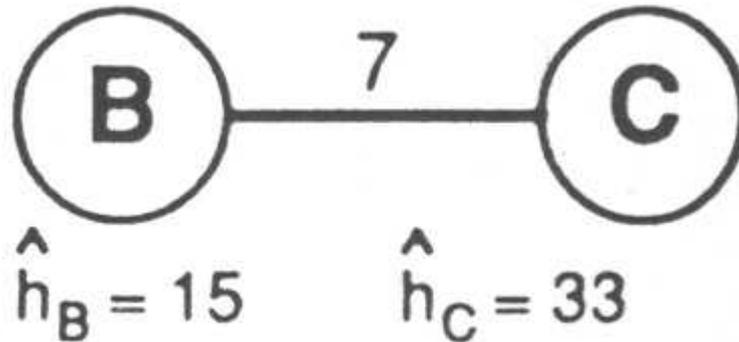
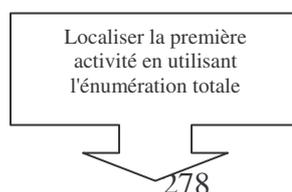


Fig. 2.10 - Méthode de résolution du 1-médian : étape 4

L'algorithme flou

L'algorithme flou consiste tout simplement à localiser les activités sur le réseau une par une, puis à utiliser une procédure de voisinage ou de substitution pour optimiser les localisations. Dans un premier temps, on choisit donc le meilleur emplacement pour la première activité ce qui est facile si on calcule la fonction objectif pour chaque nœud envisagé en retenant le nœud pour lequel cette fonction objectif est la plus faible. Ensuite, on localise un deuxième point envisageant chaque nœud (sauf celui déjà occupé) et en assignant à la localisation précédente, les nœuds qui lui sont les plus proches comparés au nœud examiné. La fonction objectif est calculée de la même manière et on retient toujours comme second emplacement le nœud pour lequel cette fonction possède la valeur minimale. Ce processus est réitéré autant de fois qu'il y a d'activités à localiser.

Ainsi, l'organigramme de cette procédure se résume à:



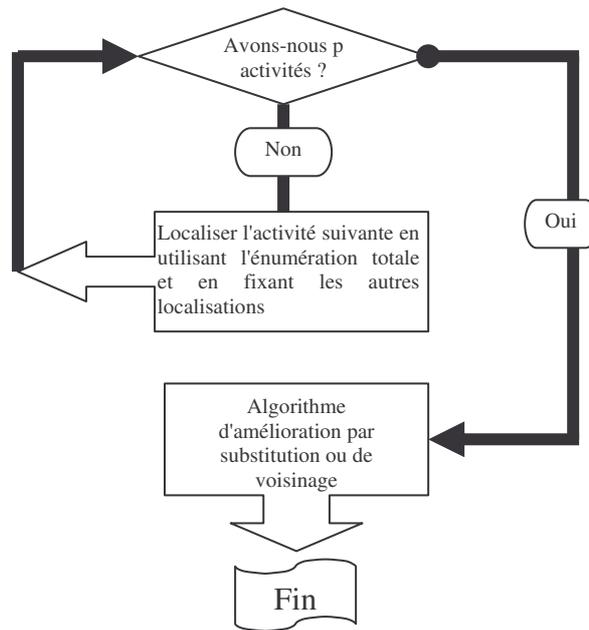


Fig. 2.11 - Organigramme de l'algorithme flou

*Résolution par les multiplicateurs de Lagrange*⁵⁰²

Une méthode de résolution appartenant aux algorithmes de construction, plus classique mais moins performante, est représentée par les contraintes du p-médian relaxées à l'aide des multiplicateurs de Lagrange. Elle permet de transformer un problème contraint en un problème sans contraintes⁵⁰³. Nous la mentionnons pour mémoire. Appliquée à la relation (2) de la formulation générale du problème du p-médian, une relaxation par les multiplicateurs de Lagrange devient:

⁵⁰² DE LAGRANGE Louis, mathématicien français né en 1736, mort en 1813.

⁵⁰³ DASKIN M.S. (1995) *Network and Discrete Location - Models, Algorithms and Applications*, John Wiley and Sons, Inc., New York.

$$\text{Minimiser } \sum_i \sum_j a_i d_{ij} x_{ij} + \sum_i \lambda_i [1 - \sum_j x_{ij}] \quad (1)$$

$$= \sum_i \sum_j (a_i d_{ij} + \lambda_i) x_{ij} + \sum_i \lambda_i$$

$$\text{avec } \sum_i x_{ij} = 1, \quad \forall i, \quad (2)$$

$$x_{ij} \leq y_j, \quad \forall i, j, \quad (3)$$

$$\sum_j y_j = p, \quad (4)$$

$$x_{ij}, y_j \in \{0,1\}, \quad \forall i, j \quad (5)$$

Les coefficients λ_i considérés comme fixes sont appelés multiplicateurs de Lagrange et la nouvelle fonction objectif à minimiser devient (1). En appliquant une relation identique à la relation (3) de la formulation générale du p-médian, on démontre que les multiplicateurs de Lagrange peuvent être calculés à partir d'une formule récurrente, avec des multiplicateurs initialisés à une valeur quelconque:

$$\lambda_i^{n+1} = \max \{ 0, \lambda_i^n - t^n (X_{ij}^n - Y_j^n) \}$$

$$\text{avec } t^n = \frac{\alpha^n (UB - L^n)}{\sum_i \sum_j (X_{ij}^n - Y_j^n)^2}$$

où

t^n : le pas de la procédure de Lagrange à la nième itération,

α^n : une constante généralement prise égale à 2,

UB : (upper bound) la plus petite limite supérieure de la fonction objectif,

L^n : la fonction objectif de Lagrange (1) ci-dessus,

Y_j^n : la valeur optimale de la variable de localisation Y_j à la n^{ième} itération.

La méthode de résolution du p-médian par les multiplicateurs de Lagrange a été récemment utilisée dans des travaux de recherche en informatique pour déterminer sur quels serveurs en réseau il était préférable d'implanter les informations pour obtenir des traitements de calcul plus rapides au niveau de l'ensemble⁵⁰⁴. Le même algorithme a été utilisé dans le même esprit pour améliorer la configuration des réseaux de communication⁵⁰⁵.

Une méthode de résolution générale et (presque) exacte des problèmes de localisation développée par Homberg, Rönnqvist et Yuan fait appel à l'algorithme par les multiplicateurs de Lagrange en parallèle d'une procédure par séparation et évaluation (*Branch and Bound* en anglais) dans le cas où chaque nœud de demande est assigné à une activité et une seule⁵⁰⁶. La procédure par séparation et évaluation est une méthode d'énumération implicite qui repose sur le principe de diviser les solutions en paquets. Plus précisément, on divise l'ensemble des solutions possibles d'un problème de localisation-allocation (ou plus généralement d'optimisation combinatoire) en sous-ensembles de plus en plus petits afin d'isoler dans l'un de ces sous-ensembles une solution optimale. Le parcours est représentable par un arbre avec comme racine le problème de départ et toutes les combinaisons possibles, les branches représentant les sous-problèmes correspondant à des sous-ensembles de toutes les combinaisons admissibles. L'exploration de l'arbre se fait vers des niveaux d'optimalité des solutions obtenues croissantes et la partition des ensembles de solutions (destinée à créer des branches) est produite en allouant un ou plusieurs clients d'une activité à une autre si l'on considère la solution explorée en cours. Cette réallocation des clients se fait généralement par un processus aléatoire. La recherche de Homberg, Rönnqvist et Yuan montre que l'utilisation individuelle de la procédure par séparation et évaluation (grâce à l'algorithme commercial

⁵⁰⁴ CHURCH R.L. et SORENSEN P.A. (1995) A Comparison of Strategies for Data Storage Reduction in Location-Allocation Problems, National Center for Geographic Information and Analysis, *Technical Report 95-4*, University of Santa Barbara, California.

⁵⁰⁵ GUPTA R. (1996) *Problems in Communication Network Design and Location Planning; New Solution Procedures*, PhD, Graduate School of the Ohio State University.

⁵⁰⁶ HOLMBERG K., RÖNNQVIST M. et YUAN D. (1999) An Exact Algorithm for the Capacitated Facility Location Problems with Single Sourcing, *European Journal of Operational research* 113, 544-559.

CPLEX) met jusqu'à 5 heures pour résoudre un problème de 30 activités à localiser en prenant en compte la position de 300 clients alors que la méthode associant cet algorithme avec les multiplicateurs de Lagrange ne met qu'une heure pour obtenir des solutions généralement meilleures. On le voit, les meilleurs algorithmes de résolution même s'ils tournent sur des ordinateurs puissants (un ordinateur Sun Sparc 20/HS151 pour cette recherche) n'arrivent à résoudre dans un temps raisonnable que des problèmes de localisation-allocation de quelques centaines de nœuds. Dans certains cas (1 cas sur 71 cas étudiés), l'algorithme de Homberg, Rönnqvist et Yuan ne réussit cependant pas à trouver une solution optimale et donc cet algorithme ne peut être qualifié de méthode de résolution exacte.

Résolution par la méthode des algorithmes génétiques

Les algorithmes génétiques se fondent sur la théorie générale de l'évolution de Darwin selon laquelle les espèces vivantes progressent en organisation et en complexité par la simple sélection naturelle de leurs caractères génétiques les plus performants lors des phases de reproduction. Ainsi, ce principe qui optimiserait la configuration génétique des systèmes vivants face à un environnement hostile serait tout aussi bien capable de traiter des problèmes d'optimisation beaucoup plus généraux tels que la résolution des problèmes d'optimisation ou des modèles de localisation-allocation. Les premières applications à ces cas datent des années 70^{507 508}. De manière analogue pour ces modèles, un individu ou une solution se caractérise par son empreinte génétique ou sa structure de données. Les opérations génétiques de croisement et de mutation modifient les données ou chromosomes de chaque individu ce qui permet en théorie de parcourir tout l'éventail des solutions possibles. L'algorithme génétique va donc à chaque nouvelle génération créer de nouvelles solutions mais aussi en détruire ainsi

⁵⁰⁷ HOLLAND J.H. (1975) *Adaptation in natural and artificial systems*, Ann Arbor: University of Michigan Press.

⁵⁰⁸ GOLDBERG D.E. et LINGLE R. Jr. (1985) Alleles, loci and the travelling salesman problem, *Proceedings of an International Conference on Genetic Algorithms*, J.J. Grefenstette (Ed.), LEA Pub, p 154-159.

que le décrit la théorie de la sélection naturelle⁵⁰⁹. La performance de l'individu ou l'optimalité de la solution se mesure par le niveau de sa fonction objectif. Dans un premier temps, l'algorithme génétique va générer des solutions de manière aléatoire, puis il va les laisser évoluer jusqu'à obtenir les meilleures solutions possibles.

Pour utiliser avec succès un algorithme génétique, il est nécessaire :

- de réussir à coder les solutions en des ensembles de chromosomes,
- de partir d'une population ou de solutions de base,
- de disposer d'une fonction objectif qui va mesurer le niveau d'optimalité de chaque solution,
- de décider comment sélectionner les chromosomes les plus performants,
- de décrire les opérateurs génétiques ou le mode d'échange des données,
- de spécifier les paramètres de l'algorithme tels que taille de la population initiale, probabilités de croisement et de mutation,
- de donner un critère d'arrêt de l'algorithme.

Le codage d'un modèle p-médian est une succession binaire de 0 et de 1 correspondant à l'absence ou à la présence d'un point de vente dans la liste des nœuds du réseau. Les caractéristiques des solutions de départ et leur nombre (population de départ) peuvent être tirées au hasard ou bien déterminées par une autre heuristique du modèle p-médian. Dans ce dernier cas, l'algorithme génétique constituera une procédure d'amélioration de la solution.

La fonction objectif du p-médian nous conduisait à minimiser la quantité :

$$\sum_i \sum_j a_i d_{ij} x_{ij}$$

L'évaluation la plus simple de la force de l'individu ou optimalité de la solution consiste à prendre l'inverse de la fonction objectif que l'on cherchera à maximiser :

⁵⁰⁹ HOLLAND J.H. (1992) Les algorithmes génétiques, revue *Pour la Science*, No 179, Sept. 1992, p. 44-51.

$$\sum_i \sum_j 1 / a_i d_{ij} x_{ij}$$

La sélection ou reproduction va déterminer à partir de quels individus on va construire la génération suivante. On utilise assez souvent la roue de Goldberg⁵¹⁰ qui consiste à tirer les solutions sur une roue de loterie sur laquelle les individus sont représentés sur une surface proportionnelle à leur force ou optimalité. De cette façon, les individus les plus forts auront à l'étape ultérieure de croisement et de mutation, une représentativité plus forte avec un nombre de copies plus importantes au sein de la population. Le croisement consiste alors à échanger des paquets de données (des suites de 0 et de 1 découpées dans la solution) entre des paires d'individus. La mutation consiste, elle, à basculer dans notre cas un 0 en 1 ou réciproquement un 1 en 0 en de très rares occasions selon une probabilité de mutation fixée à l'avance. Cette procédure permettrait d'explorer tous les recoins de l'espace des solutions en évitant d'emprisonner la recherche dans un maximum local (ou un minimum pour la fonction objectif). En pratique, les chromosomes sont tirés de façon aléatoire et sont remplacés par un chromosome d'une autre valeur toujours prise aléatoirement. Enfin, le nombre maximal de générations correspond au nombre d'itérations que l'on se fixe pour stopper la procédure.

Tous les paramètres de l'algorithme génétique sont généralement fixés empiriquement. Une population de 20 à 1000 individus qui en général reste stable au fur et à mesure des générations, satisfait généralement la résolution de tous les problèmes. Une taille de population trop faible ne permettra pas d'explorer tous les champs de solutions possibles alors qu'une taille très élevée engendrera un nombre d'opérations importantes qui pourra nuire à la rapidité d'exécution. Les valeurs de moyennes des probabilités de croisement oscillent entre 0,65 et 0,9 : une probabilité élevée favorisera l'examen d'un grand nombre de solutions, mais une probabilité de croisement excessive risque d'emprisonner la recherche dans des maxima

⁵¹⁰ GOLDBERG D.E. (1991) *Genetic Algorithms*, Addison-Wesley, New York.

locaux. Une certaine probabilité de mutation⁵¹¹ est au contraire nécessaire pour réussir de temps en temps à générer des individus hors-normes qui sont susceptibles de constituer des super-solutions au problème. Ces solutions bien meilleures ne sauraient dans certains cas être générées par des simples transformations de croisement. Il reste que la probabilité de mutation doit rester faible, de 0,001 à 0,2 voire 0,1 à 10 pour ne pas entraver le processus normal de reproduction et d'empêcher l'algorithme de converger vers un optimum⁵¹². Outre ces paramètres fixés empiriquement, il n'existe pas à l'heure actuelle de critère de convergence efficace pour stopper le processus dès qu'une solution intéressante est atteinte. Il est donc indispensable de déterminer au départ le nombre de générations ou d'itérations au bout duquel on arrête l'algorithme⁵¹³.

Les algorithmes génétiques sont, d'une façon générale, particulièrement recommandés pour les problèmes pour lesquels n'existe aucune autre méthode de résolution ou bien pour lesquels les méthodes de résolution existantes n'offrent que des solutions approchées comme les modèles de localisation-allocation⁵¹⁴.

Les algorithmes d'amélioration

Dans un second temps, on utilise l'algorithme d'amélioration *de voisinage*⁵¹⁵ ou celui de *substitution*⁵¹⁶.

⁵¹¹ GOLDBERG D.E. (1994) *Algorithmes Génétique, Exploration, Optimisation et Apprentissage Automatique*, Editions Addison-Wesley, 1994.

⁵¹² AURIFEILLE J.M. (2001) *Les algorithmes génétiques*, Conférence invitée à l'IREIMAR, Institut de Recherche Européen sur les Institutions et les Marchés, CNRS, Mars 2001.

⁵¹³ AURIFEILLE J.M. (2001) Conjoint fuzzy vs non-fuzzy clustering : some empirical evidence using a genetic algorithm optimization, *Actes du 7ème congrès international SIGEF*, sept. 2001.

⁵¹⁴ ROBERT-DEMONTROND P., THIEL D. (2002) Algorithmes génétiques et stratégies spatiales des firmes de distribution, in *Stratégies de Localisation des Entreprises Commerciales et Industrielles : De Nouvelles Perspectives*, G. Cliquet et J-M. Josselin éd., De Boeck Université, Bruxelles.

⁵¹⁵ MARANZANA F.E (1964) On the Location of Supply Points to Minimize Transport Costs, *Operational Research Quarterly*, 15, 261-270.

⁵¹⁶ TEITZ M.B. et BART P. (1968) Heuristic Methods for Estimating Generalized Vertex Median of a Weighted Graph, *Operations Research*, 16, 955-961.

- L'algorithme de recherche de voisinage

Dans l'*algorithme de voisinage*, on considère le voisinage de chaque localisation d'activité, c'est-à-dire l'ensemble des nœuds qui lui sont le plus proche et on calcule dans ce voisinage une localisation améliorée par l'algorithme du 1-médian vu précédemment. L'algorithme de voisinage peut être utilisé comme algorithme de construction si l'on démarre la recherche de localisation avec une configuration aléatoirement choisie.

- L'heuristique de substitution

On procède à l'*heuristique de substitution* en supprimant tout à tour chacune des p activités déterminées dans la procédure initiale de localisation, ensuite en recherchant le meilleur autre emplacement pour cette activité supprimée par une simple énumération et en calculant la fonction objectif correspondante. La recherche d'une valeur plus faible de la fonction objectif parmi celles calculées en recherchant une nouvelle localisation pour chaque activité déjà déterminée donnera éventuellement une configuration améliorée par rapport à celle obtenue à l'étape précédente.

Les variantes des algorithmes d'amélioration

La variante très proche de l'algorithme précédent, donnée par Goodchild et Noronha⁵¹⁷, revient à identifier le nœud d'activité et le nœud libre dont la substitution offre la fonction objectif la plus basse. Si la fonction objectif a tendance à diminuer par rapport à la solution trouvée initialement, alors ce nouvel emplacement peut être considéré comme un optimum local.

Une autre variante des algorithmes d'amélioration consiste à travailler au niveau global, puis régional⁵¹⁸. Considérons l'ensemble des nœuds occupés par une activité S et celui des nœuds

⁵¹⁷ GOODSCHILD M.F. et NORONHA V. (1983), *Location-Allocation for Small Computers*, University of Iowa, Monograph N°8.

⁵¹⁸ DENSHAM P.J. et RUSHTON G. (1992) A More Efficient Heuristic for Solving Large p-median Problems, *Papers in Regional Science: The Journal of the RSAI* 71/3, 307-329.

non occupés (V-S) avec V l'ensemble de tous les nœuds. Si un nouveau nœud est mis dans l'ensemble S, on appelle cette procédure ADD alors que si on retire un nœud de l'ensemble S, cette procédure est nommée DROP. Dans la première phase globale, on réalisera une séquence de DROP et d'ADD jusqu'à ce que l'on ne trouve plus d'amélioration à la fonction objectif. Dans la phase locale, on décomposera le réseau en p problèmes 1-médian que l'on résoudra par l'algorithme de voisinage explicité précédemment.

Enfin, la procédure "Tabu" (mot anglais signifiant tabou) mise au point par Rolland, Schilling et Current⁵¹⁹ utilise un temps dit tabou, mesuré en nombre d'itérations, durant lequel il est interdit de pratiquer une procédure DROP sur un nœud incorporé à l'ensemble S par une procédure ADD (le compteur d'itérations est initialisé dès que ce nœud est placé dans l'ensemble S). Cette durée "taboue" fixe, aléatoire ou dynamique durant le fonctionnement de l'algorithme doit être écoulée pour avoir le droit à nouveau de supprimer le nœud de l'ensemble S. Ce programme d'amélioration semble enregistrer de meilleurs résultats que les heuristiques déjà citées. Les auteurs ne s'attachent cependant à démontrer l'efficacité de l'algorithme par rapport aux autres méthodes qu'en se fondant sur un cas particulier.

En tous les cas, l'algorithme flou correspond assez bien à la logique d'implantation des chaînes de magasins : celui-ci cherche en effet dans la procédure à localiser les points de vente les uns après les autres de la même manière qu'un manager voudra la plupart du temps en pratique les ouvrir graduellement avec une mise en puissance progressive et non d'une manière simultanée. De plus, dans un deuxième temps, l'algorithme d'amélioration s'identifie en quelque sorte à la phase de réorganisation des points de vente déjà créés qui est marquée par exemple soit par la suppression d'un point de vente non rentable (que se passe-t-il si je

⁵¹⁹ ROLLAND E., SCHILLING D.A. et CURRENT J.R. (1996) An Efficient Tabu Procedure for the p-Median Problem, *European Journal of Operational Research*, 329-342.

supprime un magasin ? → algorithme de substitution), soit par la redistribution au niveau local des localisations (→ algorithme de voisinage) .

2.2.2 Le modèle Multiloc

Supposons que l'on veuille placer r points de vente parmi un éventail de n emplacements possibles. Le modèle Multiloc⁵²⁰ est en fait une extension du modèle MCI qui, d'une manière générale, considère q attributs d'attractivité de ces magasins A_{ijk} , attributs susceptibles de prendre v_k valeurs: par exemple, on a pour $k=1$ un attribut A_{ij1} qui peut être la distance ($v_1=1$); pour $k=2$, A_{ij2} peut signifier la taille du magasin qui peut être petite, moyenne ou grande ($v_2=3$ et valeurs discrètes),...

Si l'on considère le nombre de combinaisons des attributs d'attractivité, le nombre de "designs" ou de configurations possibles que peuvent prendre les magasins est : $L = v_1 v_2 \dots v_q$

La fonction objectif qui doit maximiser le profit est la suivante:

$$\text{Max } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_j E_i P_{ij} - \sum_{j=1}^n \sum_{l=1}^L F_{jl} X_{jl}$$

avec

Z : le profit

E_i : Le chiffre d'affaires total par groupe i sur le marché

F_{jl} : les coûts fixes d'un magasin du plan l au site j

C_j : un coefficient multiplicateur

$X_{jl} = 1$ si un magasin avec le design l est implanté sur le nœud j et égale à 0 sinon

j : la localisation considérée qui varie de 1 à n

l : le design considéré qui varie de 1 à L

on a aussi les conditions suivantes sur le nombre r de points de vente à localiser :

⁵²⁰ ACHABAL D.D., GORR W.L. et MAHAJAN V. (1982) Multiloc: A Multiple Store Location Decision Model, *Journal of Retailing*, 5-24.

$$\sum_{j=1}^n \sum_{l=1}^L X_{jl} = r$$

et
$$\sum_{l=1}^L X_{jl} \leq 1 \quad j=1, \dots, n$$

La probabilité qu'un consommateur au point i fréquente un magasin particulier au point j est alors:

$$P_{ij} = \sum_{l=1}^L \left(\prod_{k=1}^q A_{ijk_l}^{\beta_{k_l}} X_{jl} \right) / \left[\sum_{j=1}^n \sum_{l=1}^L \left(\prod_{k=1}^q A_{ijk_l}^{\beta_{k_l}} X_{jl} \right) + \sum_{j=n+l}^{n+s} \left(\prod_{k=1}^q A_{ijk_l}^{\beta_{k_l}} \right) \right]$$

Comme pour le modèle p-médian ou pour le modèle MCI, il n'est pas possible de résoudre le modèle Multiloc par la complète énumération des combinaisons d'emplacements possibles.

En effet, si l'on doit placer r points de vente au niveau de n emplacements possibles avec L configurations de magasin possibles, le nombre de solutions à examiner est:

$$W = L^r \left[\frac{n!}{r!(n-r)!} \right]$$

De la même manière que pour les modèles p-médian ou MCI précités ou n'importe quel problème d'analyse combinatoire de ce type, l'une des méthodes les plus réputées pour résoudre le modèle Multiloc est sans conteste encore l'algorithme de substitution de Teitz et Bart⁵²¹ mis en pratique dans la localisation d'agences bancaires⁵²².

Une alternative consiste à employer l'échantillonnage aléatoire développé par McRoberts⁵²³.

Le nombre de solutions h tirées d'une manière aléatoire à examiner pour qu'il y ait une

⁵²¹ TEITZ M.B. et BART P. (1968) Heuristic Methods for Estimating the Generalized Vertex Median of a Weighted Graph, *Operations Research* 16, 955-961.

⁵²² CORNUEJOLS G., MARSHALL L.F. et NEMHAUSER G.L. (1977) Location of Bank Accounts to Optimize Float: An Analytic Study of Exact and Approximate Algorithms, *Management Science*, 23 (1pril), 789-810.

⁵²³ Mc ROBERTS K.L. (1971) A Search Model for Evaluating Combinatorially Explosive Problems, *Operations Research*, 19, 1331-1349.

probabilité y qu'au moins l'une des p meilleures configurations possibles soit dans cet échantillon est de:

$$h = W \left[1 - (1 - y)^{\frac{1}{pW}} \right]$$

Ainsi, si l'on veut avoir 99 % de chance de trouver 1 % des meilleures configurations d'emplacements et de designs possibles dans un échantillon aléatoire, il faudra un ensemble de 460 combinaisons tirées au hasard. Si l'on a 7 magasins ($r = 7$) de 3 designs possibles ($L = 3$) à localiser sur 35 localisations potentielles ($n = 35$), il y a 14,7 milliards d'alternatives. La méthode de l'échantillonnage aléatoire revient donc si l'on se satisfait de la probabilité d'avoir 99 % de chance de tomber sur les 1 % des configurations les plus optimales, à tirer 460 combinaisons parmi les 105 configurations possibles d'emplacement et de design (7 emplacements x 3 designs possibles), puis à sélectionner le meilleur emplacement et le meilleur design possibles en calculant la fonction objectif qui doit être la plus importante possible⁵²⁴.

2.2.3 La méthode d'analyse de portefeuille

La méthode d'analyse des portefeuilles issue du monde de la finance⁵²⁵ puis popularisée par les consultants de cabinets tels que le Boston Consulting Group (BCG), Mc Kinsey ou Arthur D. Little⁵²⁶ a été adaptée pour cibler les localisations les plus intéressantes ou comparer plusieurs localisations entre elles⁵²⁷. En variations verticales, on trouve l'attrait du secteur (attractiveness en anglais) alors qu'en horizontal, on a la force concurrentielle du réseau de points de vente (competitive strenght).

⁵²⁴ ACHABAL D.D., GORR W.L. et MAHAJAN V. (1982) Multiloc: A Multiple Store Location Decision Model, *Journal of Retailing*, 5-24.

⁵²⁵ MARKOWITZ H. (1952) Portfolio Selection, *Journal of Finance*, Vol. 7, mars, p.77-91.

⁵²⁶ KOENIG G. (1990) *Management Stratégique : Visions, Manœuvres et Tactiques*, Nathan.

⁵²⁷ MAHAJAN V., SHARMA S. et SRINIVAS D. (1985) An Application of Portfolio Analysis for Identifying Attractive Retail Locations, *Journal of Retailing*, vol. 61, n°4, hiver 1985, 19-34.

L'attrait du secteur, en l'occurrence le plus souvent de la zone de chalandise, est quantifiable en prenant une combinaison de paramètres comme ^{528 529}:

- la taille de la zone de chalandise ;
- son taux de croissance ;
- le taux de profit ;
- l'intensité de la concurrence au sein de la zone de chalandise.

Et la force concurrentielle est, elle, une combinaison de :

- la part de marché ;
- la qualité des points de vente (équivalents aux produits) ;
- la réputation des enseignes ;
- l'efficacité promotionnelle.

L'exemple ci-dessous montre l'utilisation de la matrice des portefeuilles par le groupe Lévi Strauss, fabricant de Jeans, pour renforcer sa présence dans les pays de distribution où il est le moins bien implanté.

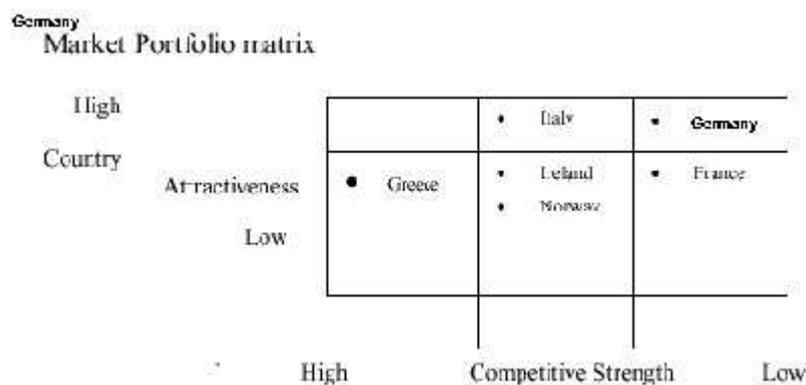


Fig. 2.12 : La matrice de Portefeuille appliquée à l'Europe par le groupe Lévis Strauss⁵³⁰

Il n'y a eu cependant aucune étude qui est venue confirmer la validité et l'efficacité de la méthode d'analyse de portefeuille⁵³¹. Certaines études sur les prises de décision ont montré au

⁵²⁸ THIETARD Raymond-Alain (1988) *La Stratégie d'Entreprise*, Mc Graw-Hill.

⁵²⁹ CLIQUET G. (1992) *Le Management Stratégique des Points de Vente*, Ed. Sirey., p.193

⁵³⁰ University of Newcastle upon Tyne, Agricultural Economics & Food Marketing Department (2001) Student Resources, http://www.ncl.ac.uk/aefm/student_resources/aef334/LeviStrauss.pdf

contraire que l'utilisation de cette méthode aboutissait dans 64 % des cas à la sélection d'un investissement non-rentable et dans 87 % des cas à l'un des investissements les moins rentables.

2.2.4 Les autres modèles de localisation-allocation

Il existe de nombreux autres modèles dont la fonction objectif est dérivée de celle du p-médian. Citons les modèles p-centrés et le modèle de couverture maximale. Alors que le p-médian imposait de minimiser la somme des distances entre chaque client et son point de vente assigné, le modèle p-centré cherche la configuration pour laquelle la distance entre chaque point de vente et le plus éloigné de ses clients soit minimale. Ce modèle est particulièrement indiqué pour placer des services d'urgence, des hôpitaux ou des casernes de pompiers étant donné une population. Le modèle de couverture maximale⁵³² vise à assurer que la majorité des clients sont à une distance maximale au moins d'un service donné : si cette condition est bien vérifiée, on dit alors que l'ensemble des clients est couvert : les modèles de couverture sont tout indiqués pour placer des services généraux du type poste, trésorerie, services de mairie et administrations d'une manière générale. Les algorithmes de résolutions de ces autres modèles de localisation-allocation se calquent sur ceux du p-médian.

2.3 Limitations du modèle p-médian et de ses méthodes actuelles de résolution

2.3.1 Le modèle p-médian : une réalité simplifiée

Le modèle p-médian est uniquement axé, comme nous l'avons précisé, sur les notions de distance et de demande dans le cas du modèle p-médian pondéré. Mais, même si le propos n'est pas fondamentalement de critiquer le modèle lui-même, il est évident que le

⁵³¹ ARMSTRONG J.S. et BRODIE R.J. (1994) Effects of Portfolio Planning Methods on Decision Making : Experimental Results, *International Research Journal in Marketing* 11, North-Holland, 73-84.

⁵³² KOLEN A. et TAMIR A. (1990) Covering Problems, *Discrete Location Theory* de Mirchandani & Francis Chap. 6, Wiley & Sons.

consommateur ne se fondera pas seulement sur le seul critère de distance pour choisir son point de vente parmi un éventail de concurrents. Les autres paramètres jouant sur la décision des clients peuvent être formulés sous forme de cinq principes qui guideront la sélection des emplacements commerciaux^{533 534}:

- *le principe d'interception*: le point de vente a d'autant plus de chance de capter la clientèle que le passage de consommateurs à proximité, mesuré le plus souvent en terme de trafic piétonnier ou routier, est important.

- *le principe d'attraction cumulative*: le regroupement de commerces dans un environnement géographique proche d'activités similaires crée souvent une synergie d'attractivité alors supérieure à la somme des attractivités individuelles des commerces.

- *le principe de compatibilité*: de même, le regroupement d'activités complémentaires permet assez souvent de parvenir à ce même effet synergique des attractivités.

- *le principe de suréquipement*: une trop grande concentration de points de vente a tendance à avoir un effet répulsif sur la clientèle alors soumis à l'inconfort de la congestion du trafic.

- *le principe d'accessibilité*: l'accessibilité au point de vente, c'est-à-dire la facilité d'entrer, de pénétrer, de traverser et de sortir du site commercial doit être le plus facile possible. Une bonne signalisation, la qualité et le nombre de voies d'accès, les facilités de parking sont autant de paramètres à privilégier dans le choix d'un emplacement convenable.

Une solution que nous proposons pour intégrer tous ces critères seraient d'introduire dans le problème p-médian un poids évaluant chaque site potentiel. Rien n'empêche en effet de mesurer et de quantifier pour chaque emplacement potentiel des points de vente les différents critères mentionnés tels que l'ont fait Lewison et Delozier⁵³⁵ et Jallais, Orsony et Fady ⁵³⁶.

⁵³³ DELOZIER M.W. et LEWISON D.M. (1986) *Retailing*, 2nd ed., Merill.

⁵³⁴ CLIQUET G. (1992) *Le Management Stratégique des Points de Vente*, p.187-191, Ed. Sirey.

⁵³⁵ DELOZIER M.W. et LEWISON D.M. (1986) *Retailing*, 2nd ed., Merill.

⁵³⁶ JALLAIS J., ORSONY J. et FADY A. (1994) *Marketing du Commerce de Détail*, Vuibert, Paris.

Puis il convient d'attribuer une note globale à chaque site potentiel, note résultant d'une pondération de ces critères. A titre d'exemple, il suffirait d'attribuer des notes par exemple de 0 (emplacement vraiment médiocre) à 100 (emplacement excellent) pour chaque critère, de les pondérer avec des coefficients positifs de manière à quantifier leur importance et d'obtenir une note globale n_j . Cette note introduite dans la fonction objectif avec un signe négatif (ayant tendance à minimiser avantageusement la fonction) au même niveau que les distances d_{ij} servirait de pondération à chaque site potentiel d'activité. La distance d_{ij} en tant que critère impliquant à la fois le commerce et le client considéré devrait alors être normalisée (sur la même échelle de notes) de manière à obtenir une homogénéité au sein de la fonction objectif. La formulation mathématique du p-médian deviendrait alors:

$$\text{Minimiser } \sum_i \sum_j a_i (d_{ij} - n_j) x_{ij} \quad \text{représente la nouvelle fonction objectif,} \quad (1)$$

$$\text{avec } \sum_i x_{ij} = 1, \quad \forall i, \quad \text{assure que tous les clients sont assignés à une activité et une seule,} \quad (2)$$

$$\text{et } d_{ij} - n_j < 0, \quad \forall j \quad \text{assure que toute activité possède un minimum d'attractivité,} \quad (2)'$$

$$x_{ij} \leq y_j, \quad \forall i, j \quad \text{empêche d'assigner un client à une activité si elle n'est pas ouverte,} \quad (3)$$

$$\sum_j y_j = p, \quad \text{le nombre total d'activités est } p, \quad (4)$$

$$x_{ij}, y_j \in \{0,1\}, \quad \forall i, j \quad \text{nature binaire des variables } x_{ij}, y_j \quad (5)$$

où

a_i : est la demande au nœud i ,

n_j : la note positive attribuée au site potentiel du nœud j ,

$d_{i,j}$: la distance du nœud i au nœud j ,

p : le nombre d'activités à localiser,

$x_{i,j} = 1$, si le nœud i est assigné à l'activité j et 0 autrement,

$y_j = 1$, si l'activité j est ouverte et 0 autrement.

On observe que logiquement dans la fonction objectif, plus l'activité au nœud j est attractive (note n_{ij} importante), meilleure est la fonction objectif (valeur plus faible) et que l'attractivité est un réducteur de distance, la valeur $(d_{ij} - n_j)$ pouvant être qualifiée de "distance psychologique" qui est la distance ressentie effectivement par les consommateurs et non plus seulement la distance routière ou temporelle^{537 538}. Un autre avantage de cette nouvelle formulation que l'on pourrait qualifier de "modèle p-médian généralisé" est qu'elle est soluble par les méthodes traditionnelles de résolution du p-médian puisque la forme de la fonction objectif est similaire (forme linéaire).

2.3.2 La complexité des méthodes de résolution du p-médian

L'autre reproche déjà évoqué au niveau du modèle p-MP concerne cette fois ses méthodes existantes de résolution. Celles-ci sont très lourdes et même souvent impossibles à mettre en œuvre si l'on considère un réseau de plusieurs centaines de milliers de nœuds. Quelle tâche herculéenne que d'imaginer vouloir trouver une solution plus ou moins optimale à un réseau comprenant l'ensemble des clients potentiels d'une future grande surface ! Un autre problème du même ordre, mais cette fois dans le domaine de la gestion informatique serait de considérer le réseau de communication Internet et les différents micro-ordinateurs, serveurs et réseaux Intranet le composant (soit des millions d'ordinateurs à travers le monde): sur quels serveurs (les nœuds d'activités) serait-il préférable de localiser les données pour que celles-ci soient acheminées le plus rapidement possible à destination des autres ordinateurs (les clients) connaissant les probabilités de requête (les demandes) ?

⁵³⁷ HUBBARD R. (1978) A Review of Selected Factors Conditioning Consumer Travel Behavior, *Journal of Consumer Research*, vol. 5, june, p.1-21.

⁵³⁸ VOLLE P. (1999) Du Marketing des Points de Vente à Celui des Sites Marchands : Spécificités, Opportunités et Questions de Recherche, *Cahier n°276*, Centre de Recherche DMSP, juin 1999.

Le problème classique du p-médian a pourtant fait couler beaucoup d'encre, en témoigne le nombre d'articles où ce modèle est cité (en excluant les auto-citations):

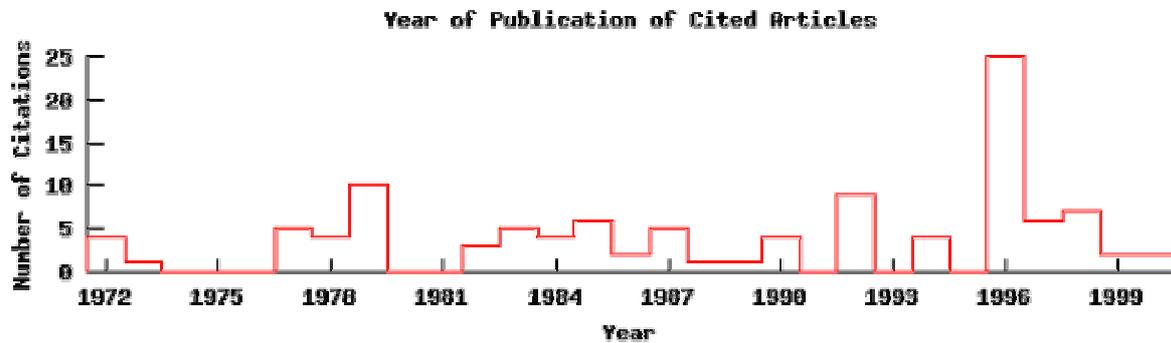


Fig. 2.13 - Nombres d'articles traitant du p-médian par année - source: *The Scientific Literature Digital Library*

Les 225 articles cités sur 30 ans ne s'attaquent cependant qu'à l'affinage de la résolution du p-médian à savoir essentiellement améliorer l'optimalité des solutions à travers de nouvelles heuristiques d'amélioration (et rarement des algorithmes de résolution). Les autres publications de recherche traitent principalement des applications du p-MP en adaptant le modèle à certains cas particuliers comme l'efficacité des moteurs de recherche⁵³⁹, le coloriage de graphes à l'aide du p-MP et d'un algorithme génétique⁵⁴⁰ ou encore la localisation de simulateurs de conduite de char de l'armée américaine au plus près des casernes⁵⁴¹.

2.3.3 L'analyse typologique : une approche pour simplifier la problématique du p-MP

Peu d'articles abordent vraiment la partie fondamentale, mais ô combien stratégique de la formulation ou de la modélisation même du problème p-MP. Si elle est mieux établie, elle permettra de simplifier le problème et de parvenir à une solution plus rapidement ou à une meilleure solution en utilisant un algorithme plus lent mais plus performant capable de traiter

⁵³⁹ CRASWELL N. et BAILEY P. (1999) *Is it fair to evaluate Web systems using TREC ad hoc*, Department of Computer Science - CSIRO, The Australian National University Pub.

⁵⁴⁰ RIBEIRO FILHO G. et NOGUEIRA LORENA L.A. (2000) *Improvements On Constructive Genetic Approaches To Graph Coloring*, Sao José Dos Campos, Spain.

⁵⁴¹ MURTY K.G. et DJANG P.A. (2000) The US Army National Guard's Mobile Training Simulator Location and Routing Problem, *US Army Training and Doctrine Analysis Command*, Dept. of IOE, University of Michigan.

les modèles intégrant un très grand nombre de nœuds. Cependant, il est à noter qu'un problème assez étudié et à la mode est celui de l'analyse typologique (cluster analysis en anglais). Déjà évoqué par Aristote, cette dernière consiste à partitionner un ensemble d'entités en sous-ensembles bien séparés et homogènes selon un certain nombre de paramètres. Dans le domaine de l'identification de classes, on peut recenser dans la littérature deux approches qui se sont développées, la première étant celle de la reconnaissance déterministe et de décision par sélection de distance; la seconde est statistique car elle a pour base des probabilités acquises lors d'une phase d'apprentissage et une décision par sélection de pénalisations encourues. En particulier, la classification séquentielle utilisée par de nombreux chercheurs dans les procédures de reconnaissance de forme se rattache à cette dernière approche^{542 543 544}
^{545 546 547 548}. Il existe également des méthodes de segmentation fondées sur un algorithme génétique associé à un modèle de régression⁵⁴⁹.

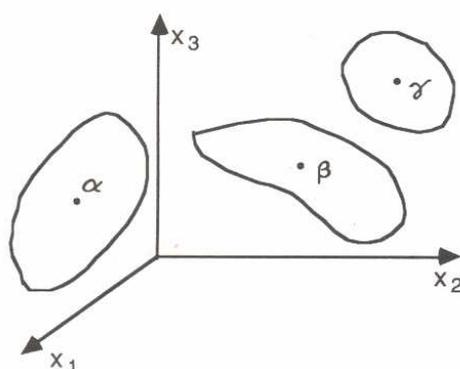


Fig. 2.14 - Un exemple de 3 classes α , β et γ identifiées par les variables x_1 , x_2 , x_3

⁵⁴² DUDA R.O. et HART P.E. (1973) *Pattern Classification and Scene Analysis* Editions J. Wiley, New York, N.Y.

⁵⁴³ TOU J.T. et GONZALEZ R.C. (1974) *Pattern Recognition Principles*, Edition Addison-Wesley, Reading, Mass.

⁵⁴⁴ FU K.S. (1968) *Sequential Methods in Pattern Recognition and Machine Learning*, Editions Academic Press, New York, N.Y.

⁵⁴⁵ PAVLIDIS T. (1977) *Structural Pattern Recognition*, Editions Springer-Verlag, New York, N.Y.

⁵⁴⁶ PATRICK E.A. (1972) *Fundamentals of Pattern Recognition*, Edition Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.

⁵⁴⁷ POSTAIRE J.G. (1987) *De l'Image à la Décision*, Editions Dunod-Informatique Bordas, Paris.

⁵⁴⁸ CHEN C.H. (1973) *Statistical Pattern Recognition*, Editions Spartan Books, Rochelle Park, N.J.

⁵⁴⁹ AURIFEILLE J.M. (2000) A Bio-mimetic Approach to Marketing Segmentation : Principles and Comparative Analysis, *European Journal of Economic and Social Systems* 14 N°1, p. 93-108.

Si l'analyse typologique intéresse principalement le domaine des mathématiques statistiques, elle recense également des applications dans le domaine de la localisation et du problème p-médian⁵⁵⁰ (voir son utilisation au § 2.4.2.4. dans la délimitation des zones de chalandise). Un exemple récent est représenté par la décomposition de la Suisse ou plutôt des 2863 principales communes suisses en 23 cellules associées chacune à un centre urbain⁵⁵¹ selon diverses méthodes comparées: p-médian, méthode Alt⁵⁵², algorithme de décomposition⁵⁵³. Le problème est en premier lieu d'identifier les 23 centres urbains et d'y affecter ensuite des communes selon le critère du plus proche voisin en terme de distance à vol d'oiseau. Selon notre point de vue, cette analyse typologique géographique peut conduire en quelque sorte à une simplification du problème p-médian, dans le sens où, plutôt que prendre comme nœuds du réseau l'ensemble des 2863 communes au sein desquelles on rechercherait une ou plusieurs localisations optimales, on pourrait plus aisément considérer les 23 centres urbains comme étant les nœuds d'un réseau p-médian simplifié: l'étape d'analyse typologique constituerait une étape amont destinée à constituer ce réseau p-médian simplifié (avec comme nœuds les 23 centres urbains) préalablement à sa résolution.

Mais, cette manière de simplifier le problème p-médian comporterait de nombreuses limitations dont celle en premier lieu de devoir spécifier à l'avance en combien de classes (et donc de nœuds du futur réseau p-médian simplifié) il conviendrait de partitionner l'ensemble des entités de départ: ainsi, dans le problème précédent, il a été fixé d'entrée de jeu de partitionner le territoire suisse en un nombre de 23 cellules associées à 23 centres urbains sans que ce nombre ait été ultérieurement justifié.

⁵⁵⁰ ROGER P. (1983) *Description du Comportement Spatial du Consommateur*, Thèse de Doctorat, Lille.

⁵⁵¹ TAILLARD E.D. (1996) Heuristic Methods for Large Centroid Clustering Problems, *Technical Report Idsia 96-96*, Idsia.

⁵⁵² COOPER L.G. (1963) Location-Allocation Problems, *Operations Research 11*, 331-341.

⁵⁵³ TAILLARD E.D. (1996) Heuristic Methods for Large Centroid Clustering Problems, *Technical Report Idsia 96-96*.

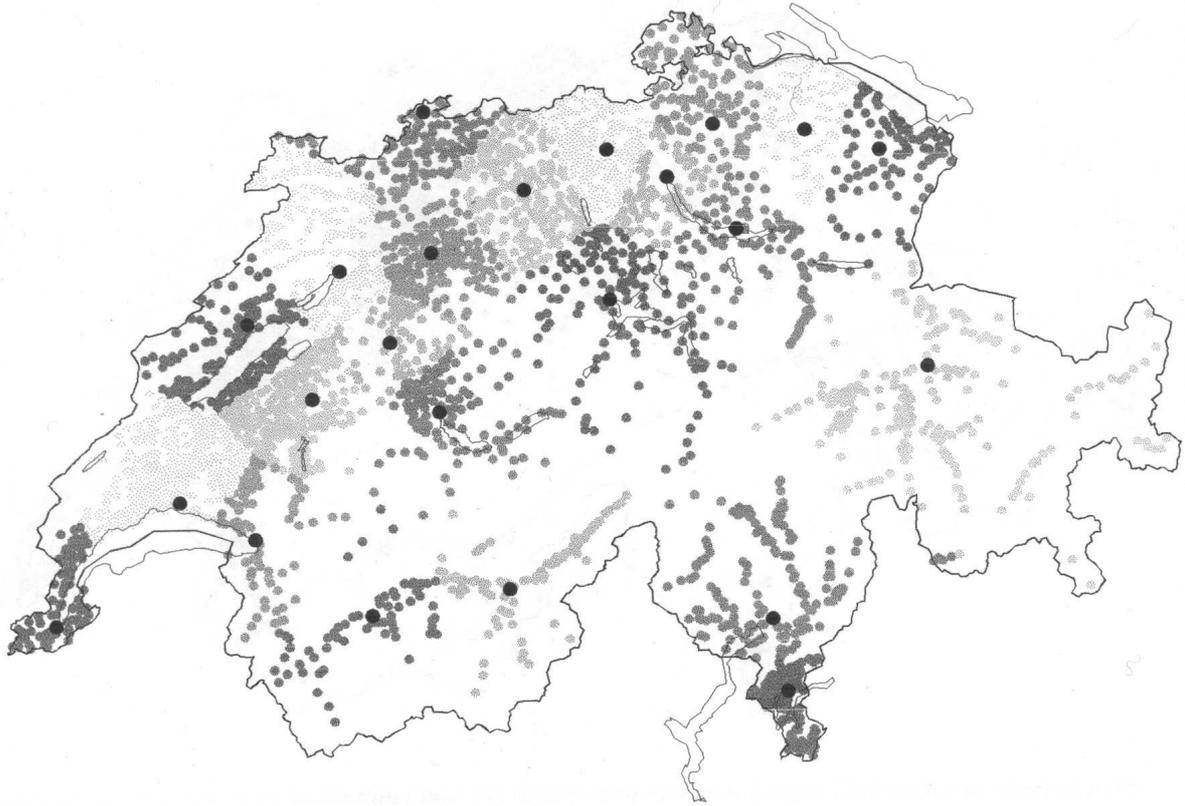


Fig. 2.15- Partition des communes suisses en 23 cellules représentées chacune par un centre urbain ⁵⁵⁴

Les exemples personnels suivants illustrent le principe de l'analyse typologique utilisée dans le cadre du p-médian et l'erreur dans la recherche d'une localisation optimale qui peut résulter d'un nombre prédéfini de partitions. D'abord, un cas où l'approche de l'analyse typologique fonctionne bien: considérons 76 villes de même taille réparties sur un territoire, chaque ville étant représentée par un cercle :

⁵⁵⁴ TAILLARD E.D. (1996) Heuristic Methods for Large Centroid Clustering Problems, *Technical Report Idsia 96-96*, Idsia.

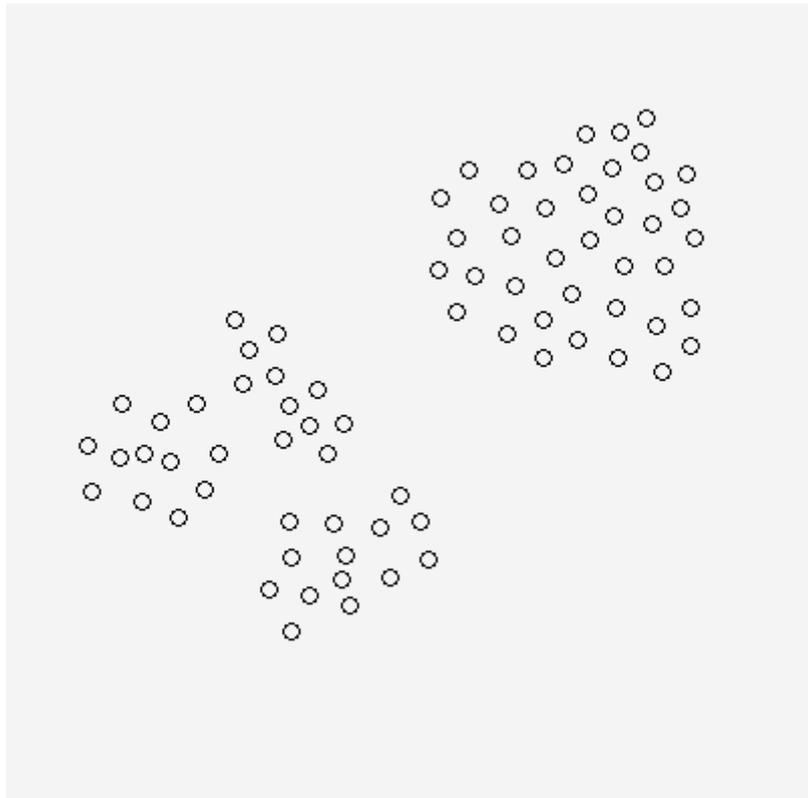


Fig. 2.16 - Les 76 villes représentées chacune par un cercle

Si l'on décide de partitionner l'espace géographique en deux par la méthode des k-plus proches voisins ($k=2$) par exemple, on aura deux régions A et B avec leurs centres respectifs, les nœuds a et b:

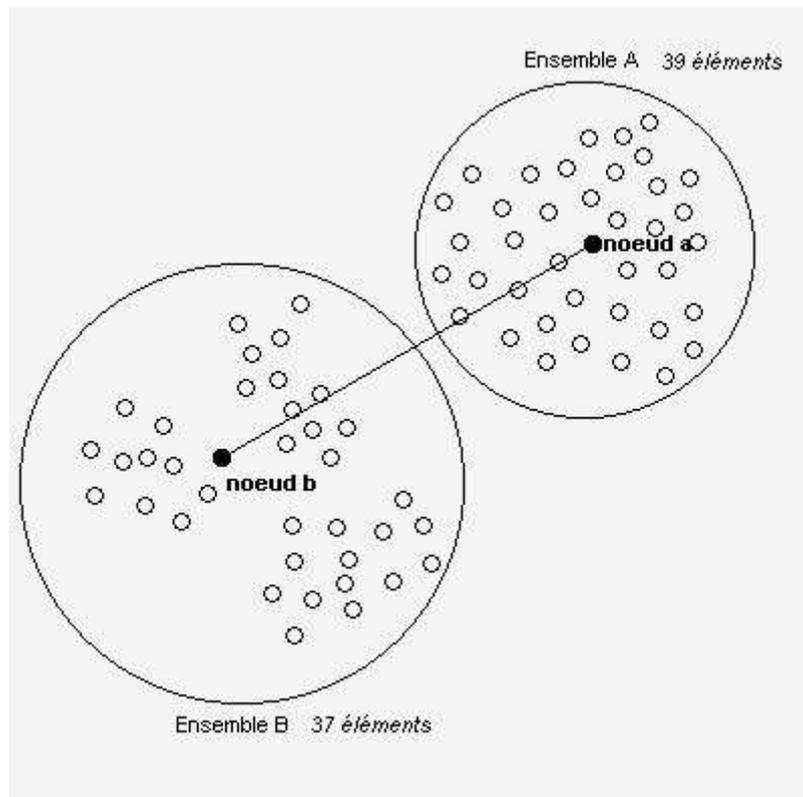


Fig. 2.17 - Partition des 76 villes en 2 ensembles

Prenons comme poids des nœuds a et b de ce réseau pondéré, l'importance de la population représentée respectivement par le nombre de villes des deux ensembles soit 39 villes et 37 villes. Alors la localisation optimale d'une activité unique selon le problème 1-médian sera choisie au nœud a car il a un coefficient de pondération plus important. Mais, si l'on choisit un nombre de partitions égal à 4, on obtient alors la répartition suivante avec chacun des nœuds reliés aux nœuds de ceux des autres ensembles les plus proches:

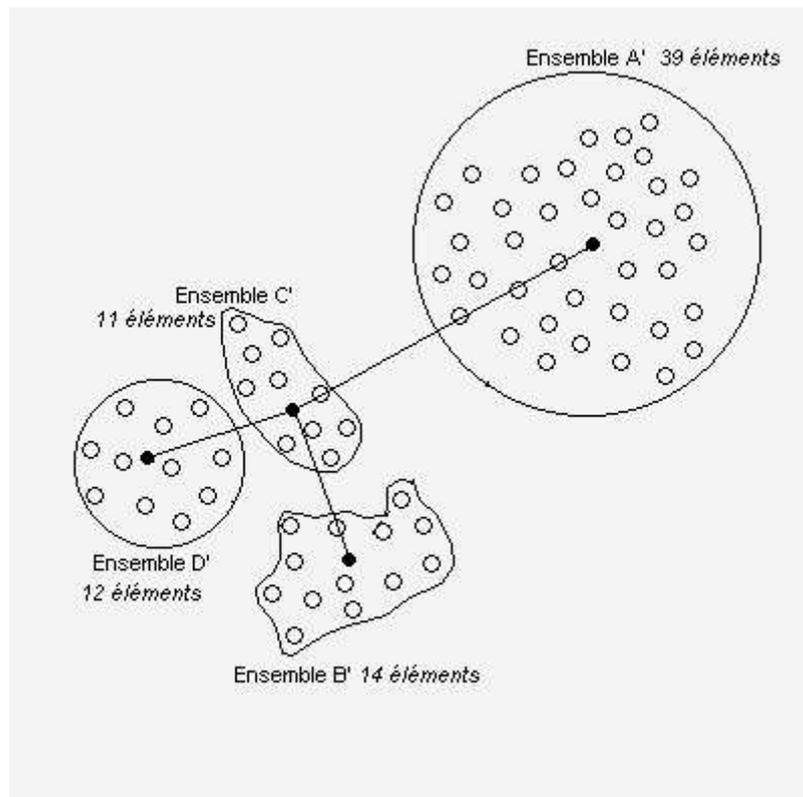


Fig. 2.18 - Partition des 76 villes en 4 ensembles

Le centre optimal est alors situé sur le nœud de l'ensemble A' qui correspond bien au nœud a de l'ensemble A précédemment. Si on considère maintenant le contre-exemple suivant avec 3 partitions de 17 villes, la droite verticale passant par O étant la droite médiane du segment ab:

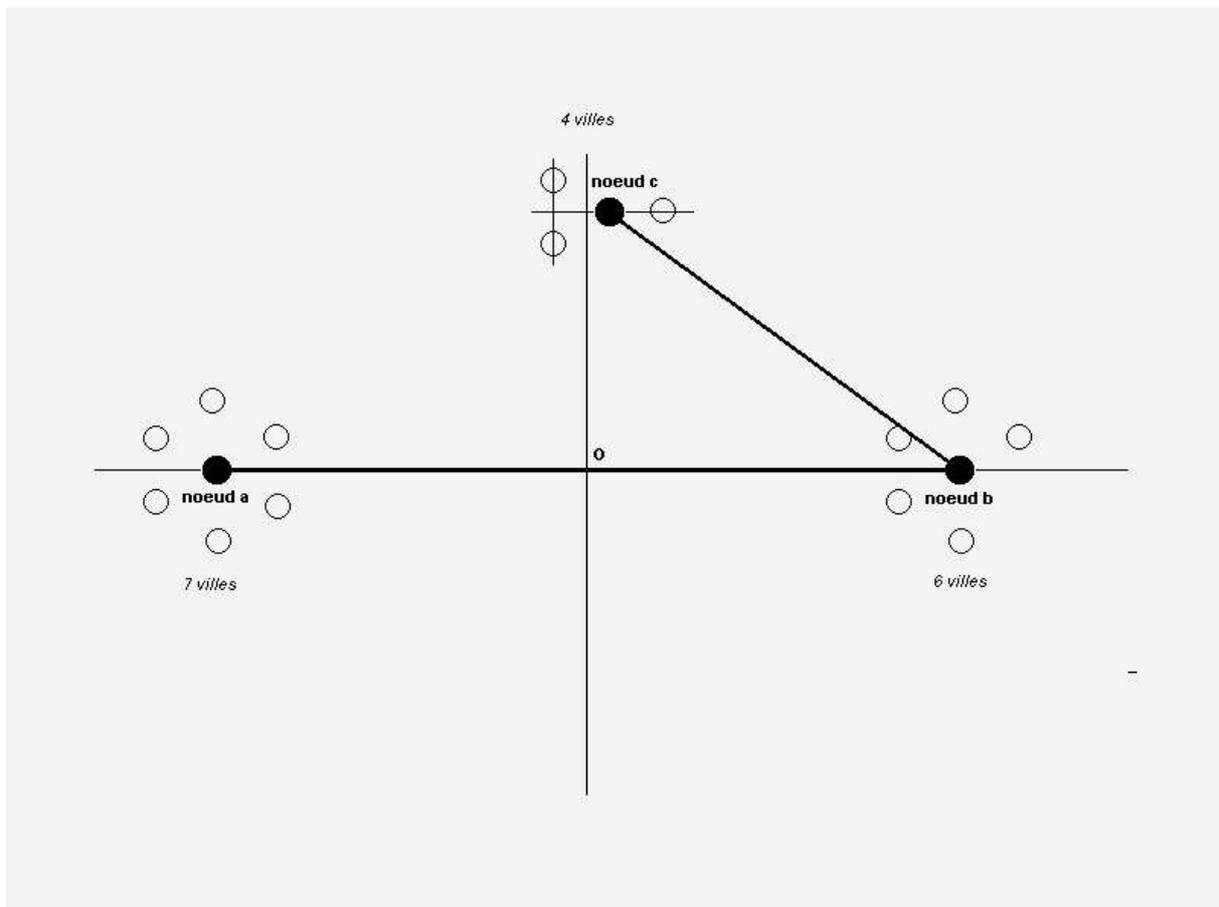


Fig. 2.19 - Partition de 17 villes en 3 ensembles

Selon le modèle 1-médian, le centre optimal est situé au nœud b. En considérant une partition en deux ensembles, le centre optimal est cette fois situé au nœud a puisque que sa partition a une pondération plus élevée en nombre de villes (9 villes):

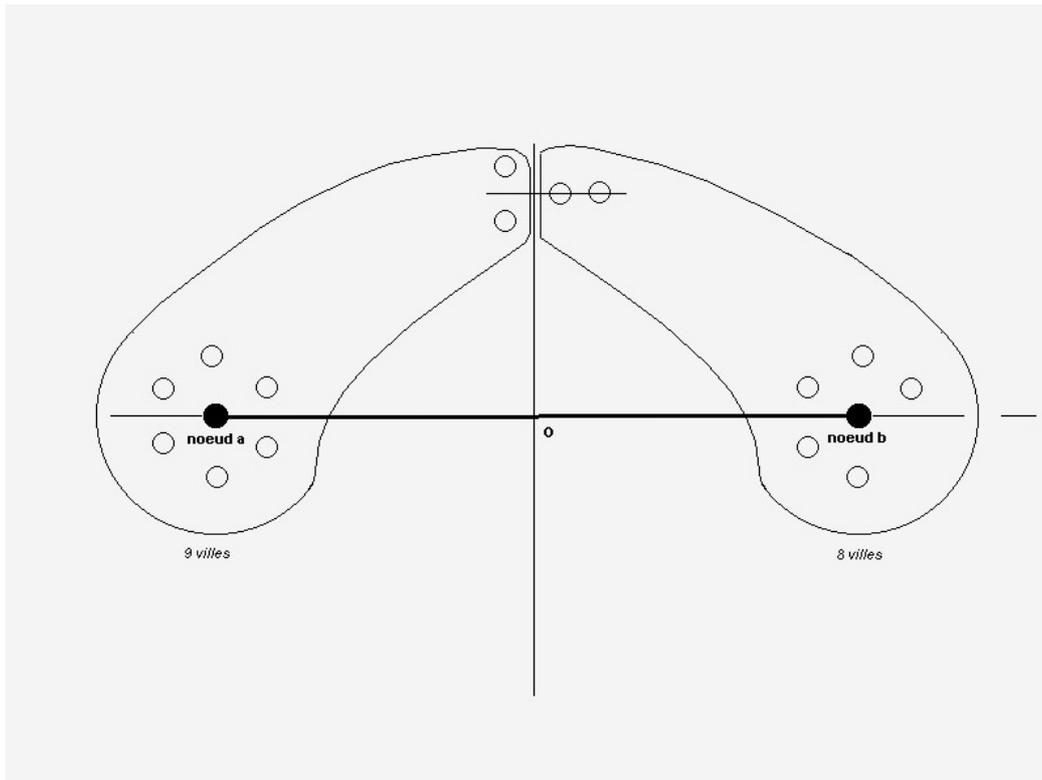


Fig. 2.20 - Partition des 17 villes en 2 ensembles

De plus, on peut se poser la question de savoir si certaines villes, ou paquets de villes, très éloignées valent ou non la peine d'être prises en compte dans l'étude de localisation: quel que soit leur potentiel de clientèle même faible, leur éloignement a tendance à attirer vers elles le (ou les) site(s) à implanter sans que cela ne vaille peut-être la peine. Dans l'exemple précédent, la partition constituée des quatre villes du nœud c est d'une importance moindre devant les deux autres partitions des nœuds a (7 villes) et b (6 villes). Si le problème était de livrer un produit ou un service à partir du nœud a à un ensemble de clients, faudrait-il intégrer les clients associés au nœud c qui, compte tenu du faible potentiel et du coût de déplacement, engendrerait une faible rentabilité ? La réponse à cette question n'est pas fournie par l'analyse typologique et ses méthodes de partition qui traitent le problème d'une manière brute et mathématique.

Outre le fait de fournir des résultats rationnels, le développement de méthodes plus performantes dans la recherche de localisations optimales doit conduire à notre sens, à

améliorer la capacité du p-médian à traiter des réseaux de plus en plus importants afin de modéliser de manière plus précise le monde réel et pouvoir prendre en compte par exemple l'ensemble des clients d'une grande surface, le réseau Internet et ses nombreux ordinateurs, la totalité des entrepôts d'un transporteur,...

Conclusion

Ainsi, les théories de la localisation rassemblent un certain nombre de modèles dont certains comme le modèle de Christaller ou la loi de Hotelling, deviennent plutôt des curiosités intellectuelles en présentant la réalité sous un jour très idéal, mais permettent néanmoins de prendre conscience des phénomènes non-aléatoires de répartition des activités commerciales dans l'espace. D'autres modèles dérivant de la loi de Reilly comme les modèles MCI ou MNL ont permis d'analyser les variations de fréquentation selon les caractéristiques de l'environnement ou du point de vente considéré. Leur mise en œuvre pour répondre aux problématiques de localisation reste cependant ardue d'une part par le fait qu'il faille identifier précisément quels sont les paramètres fondamentaux jouant sur le choix des consommateurs de tel ou tel magasin en se fondant sur l'expérience, et d'autre part, car il est nécessaire de rassembler les données relatives à ces paramètres avant de lancer l'analyse : rien ne prouve d'un autre côté que les paramètres identifiés dans une zone soient transposables dans celle où l'on recherche un ou plusieurs emplacements commerciaux. Les modèles de localisation multiple comme le modèle p-médian jouent essentiellement sur la notion de distance en choisissant les sites les plus proches d'une clientèle potentielle. D'autres variables comme le coût d'ouverture des points de vente, les coûts de déplacement ou même une mesure de l'attractivité des points de vente avec le modèle Multiloc⁵⁵⁵, peuvent être pris en compte dans ces modèles ce qui est susceptible de les rendre assez intéressants pour la recherche de localisations multiples optimales. Mais, les algorithmes approchés permettant de résoudre ces problèmes élaborés, trop lents, ne sont pas suffisamment performants pour être utilisés tels quels. Partant d'une base de données de clients potentiels, le processus initial de modélisation conduisant à un réseau de localisation-allocation s'avère souvent être une tâche difficile.

⁵⁵⁵ ACHABAL D.D., GORR W.L. et MAHAJAN V. (1982) Multiloc : A Multiple Store Location Decision Model, *Journal of Retailing*, 58.

Alliés au modèle le plus adapté à la localisation multiple de points de vente c'est-à-dire le modèle p -médian, les principes du traitement du signal introduits dans le chapitre suivant réussiront à surmonter ces difficultés en facilitant considérablement à la fois la modélisation d'un réseau de localisation-allocation et la résolution de ce modèle. D'autres avantages complémentaires apparaîtront à la lecture de l'exposé.

Chapitre 3

L'apport du traitement du signal dans le modèle p-médian

Introduction

Comme nous l'avons vu au chapitre précédent, la problématique de recherche de localisations optimales mérite d'être repensée à la fois sur le plan de la modélisation et au niveau de la résolution ultérieure du modèle. Pour cela, il nous est apparu comme pratiquement logique que les informations concernant la clientèle potentielle des futurs points de vente devaient être réagencées et si nécessaire "pré-digérées" au lieu de se lancer à corps perdu dans la construction d'un modèle trop complexe à résoudre. Ce pré-traitement peut être réalisé en faisant appel à une technique de traitement de l'information assez élaborée et dénommée dans le jargon scientifique «*traitement du signal*». Le traitement du signal est un domaine d'importance si l'on s'en réfère aux 50 000 ingénieurs travaillant sur ce sujet directement à travers le monde et plusieurs centaines de milliers indirectement. Cette science bien qu'inconnue il y a cinquante ans, s'est discrètement introduite dans notre vie quotidienne à travers l'électronique, l'informatique ou les télécommunications. On pourrait qualifier le traitement du signal de technique capable de réaliser des opérations variées sur une information quantifiable dont la valeur est mesurable sur une certaine période. Ces opérations peuvent être une simple conversion (par exemple entre informations analogiques et digitales), une compression de l'information pour minimiser le nombre de données qui la caractérise, une correction d'erreur, une amplification destinée à accroître l'amplitude de cette information,...

Or, malgré la richesse de la recherche en traitement du signal, sa contribution aux sciences de gestion et en particulier au géomarketing s'avère pour l'instant très mince. Nous verrons au cours de ce chapitre que le traitement du signal se combine pourtant très harmonieusement aux modèles de localisation-allocation en particulier au modèle p-médian pour faciliter la recherche de localisations multiples.

3.1 Une nouvelle approche du p-MP par le traitement du signal : premier aperçu d'un nouvel algorithme rapide de multilocalisation d'activités

Nous avons abordé le problème de recherche de localisations optimales par une approche modélisatrice. L'approche modélisatrice passe par une attention portée à ce qui est représenté, mais aussi à la symbolisation de ce qui est représenté, donc aux fondements et aux propriétés même de la projection⁵⁵⁶. "*Le système de modélisation est récursif, s'établissant dans l'interaction entre le système modélisé (le phénomène perçu comme complexe) et le système modélisant. [...] Le système de modélisation (le modélisateur concevant et interprétant le modèle d'un système complexe) se comprend comme s'auto-finalisant : il élabore ses projets, il est projectif*"⁵⁵⁷. Ainsi, le premier niveau de notre réflexion est global et peut nous conduire à retenir une méthodologie. Ensuite, les idées vont se transformer en variables au niveau du système, "*cet ensemble d'unités en interrelations mutuelles*"⁵⁵⁸ qui seront alors analysées et organisées pour parvenir à des conclusions en effectuant un retour vers le niveau initial (processus récursif).

Ceci nous a conduit à élaborer un algorithme du type poupées russes. Son organigramme sera d'ores et déjà présenté étant donné que certaines de ses fonctionnalités, comme la délimitation de zones de chalandise, mériteront d'être améliorées vis-à-vis de l'état de l'art existant (cf. chapitre II). La modélisation des données a été faite par une analyse systémique de la zone de chalandise composée de la demande (les clients). Il s'agit de définir un modèle de données de la zone de chalandise composée d'objets c'est-à-dire les aires de la zone de chalandise denses en clientèle (voir pages suivantes). Cette approche correspond à l'idée de modélisation

⁵⁵⁶ MABILLOT V. (2000) Mises en Scène de l'Interactivité : Représentations des Utilisateurs dans les Dispositifs de Médiations Interactives, Thèse soutenue le 7 janvier 2000, Université de Lyon II, p.6

⁵⁵⁷ LE MOIGNE J.L. (1990) *La modélisation des Systèmes Complexes*, Bordas, Paris, 178p.

⁵⁵⁸ VON BERTALANFFY L. (1968) *Théorie générale des systèmes*, Trad. fr. par J. B. Chabrol., Dunod, Paris.

projective avancée par Le Moigne où le territoire géographique est analysée à différentes échelles ⁵⁵⁹.

Rappelons et résumons tout d'abord à nouveau la problématique à résoudre.

Problématique:

Trouver les localisations optimales pour un ensemble de p activités destinées chacune à servir un ensemble de clients, de telle manière que la somme totale des distances de l'ensemble des activités à ses clients soit minimale, avec la contrainte que le nombre n de clients est élevé. Les données disponibles sont au minimum la localisation spatiale des clients représentée par exemple par leurs adresses, le nombre p d'activités à localiser et éventuellement le niveau de demande de chaque client quant aux services ou aux produits offerts par lesdites activités.

L'algorithme recherchera une solution globale avant de s'attaquer à la recherche d'une solution locale ce qui permettra de simplifier le problème. Voici l'organigramme de l'algorithme proposé :

⁵⁵⁹ CRAUSAZ P.A., MUSY A., MATTEI A. (1999) GESREAU : GESREAU: Ein Konzept für ein Integriertes Management der Fliessgewässer, Rapport de l'Hydram, Suisse, p.6

Nous proposons dans ce cadre l'algorithme global suivant qui prendra en compte les données disponibles pour les traiter dans l'optique de résoudre la problématique exposée :

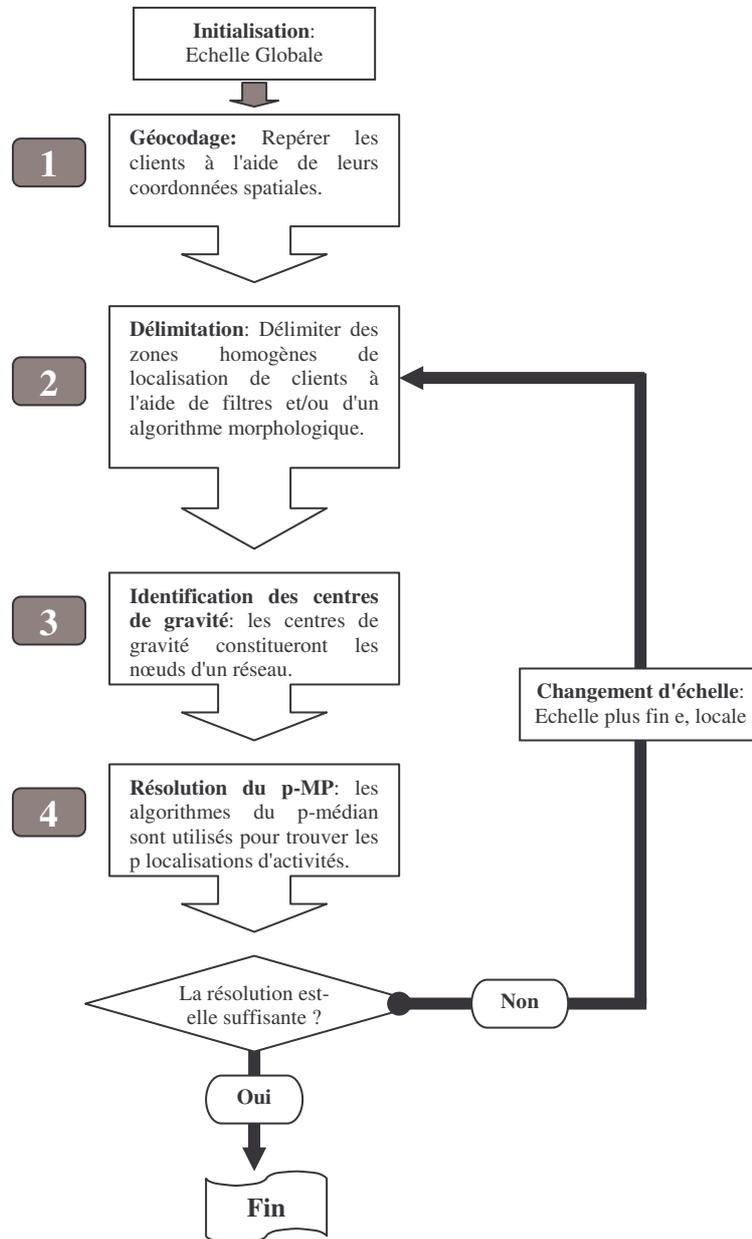


Fig. 3.1 - Organigramme du nouvel algorithme proposé

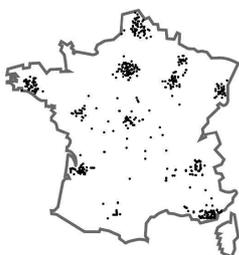
Explicitons le fonctionnement de cet algorithme avant d'étudier plus précisément ses différentes fonctions: notre procédure de recherche de localisations optimales comprend donc quatre phases suivies d'une boucle de rétroaction. Elle fonctionne en quelque sorte par effet

loupe en s'attachant dans un premier temps à déterminer les meilleurs emplacements au niveau global, par exemple au niveau national, puis à faire une boucle pour réitérer le même processus mais au niveau local. Les nœuds du modèle p-médian sont constitués dans un premier temps des zones géographiques (zones de chalandise) dans lesquelles la densité de clients est homogène et plus importante qu'ailleurs. Les frontières de ces zones de chalandise seront déterminées, comme nous le verrons plus loin, par les méthodes classiques utilisées en traitement du signal qui rassemble en fait un ensemble d'outils mathématiques destinés à extraire de manière rapide des informations précises d'une source.

Dans un second temps, on se concentrera sur les p nœuds calculés par l'algorithme de résolution et on déterminera au sein de chacun de ces p zones géographiques à nouveau un certain nombre de nœuds constitués de la même manière de zones de clientèle homogènes mais au niveau local cette fois. Le modèle p-médian (ou un autre modèle incorporant des paramètres de coût, de concurrence ou des critères socio-économiques) sera ré-appliqué dans chacune de ces p zones locales de manière à améliorer la précision de localisation des activités.

Les dessins suivants résument le fonctionnement de ce nouvel algorithme fondé sur la délimitation de zones de chalandise.

1



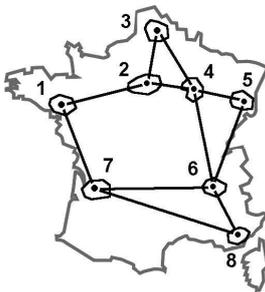
La **phase 1** consiste à codifier les adresses de clients potentiels ou réels en termes de coordonnées géographiques, adresses tirées d'une base de données. On pourra alors obtenir une représentation cartographique des différentes localisations de la clientèle, chaque client étant représenté par un point.

2



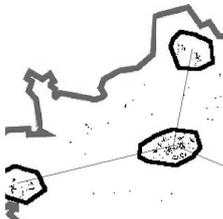
La **phase 2** correspond à la délimitation des "paquets" de clients ou aires appartenant à la zone de chalandise. Nous utiliserons dans cette optique les techniques de traitement du signal qui font aussi l'originalité de notre démarche.

3

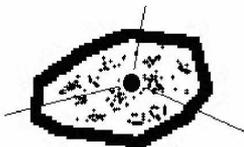


On calculera dans la **phase 3** les coordonnées des centres de gravité de chaque aire délimitée dans la phase précédente de manière à modéliser un réseau: les nœuds du réseau seront représentés par les centres de gravité et les segments par les distances routières ou par un indicateur d'éloignement (temporel, kilométrique, généralisé...). Des localisations potentielles supplémentaires pourront d'autre part être introduites comme nœud même si elles ne comptent pas de clients. Ce réseau peut être, si nécessaire, pondéré et dans ce cas, à chaque nœud sera affecté un poids représentatif de l'importance de la clientèle ou de son potentiel.

4



Dans la **phase 4**, le réseau sera résolu sur la base du modèle p-médian grâce aux algorithmes classiques de résolution et d'amélioration. On aboutira donc au choix de certains nœuds comme localisations optimales.



Rétroaction et changement d'échelle: après avoir identifié les p nœuds optimaux par l'algorithme du p-médian, on pourra, si un degré de précision supplémentaire s'avère nécessaire, réitérer le processus en se concentrant cette fois au niveau de chaque nœud. L'examen d'aires de plus en plus petites pour améliorer la finesse du choix de localisation pourra se faire autant de fois que souhaité sous réserve de l'existence d'un nombre suffisant de clients ou d'emplacements potentiels à cette échelle.

Ainsi, la partie centrale et novatrice de cette méthode est constituée par la délimitation des aires de chalandise (zones denses de clientèle appartenant à la zone de chalandise) au niveau

desquelles il sera possible de définir un centre de gravité caractérisant la localisation spatiale de ladite aire. Ces centres de gravité constitueront les nœuds d'un modèle p-médian. Il est donc fondamental de définir avec précision les contours de ces aires de chalandise: une évaluation grossière des frontières induira nécessairement un repérage des centres de gravité entachés d'erreurs ce qui ne manquera pas de se répercuter sur le résultat final de localisation des p centres au niveau global et plus encore au niveau local. La deuxième innovation découle du fait que l'on simplifie le problème en l'appréhendant de manière globale grâce à l'identification de "paquets" de clients, et qu'ensuite seulement, on pousse l'analyse dans le détail en recherchant dans les zones intéressantes des emplacements plus précis toujours en utilisant la délimitation d'aires de chalandise caractérisées par leurs centres de gravité et le modèle p-médian. Cette technique utilise à la fois des principes de la localisation discrète (à travers le modèle p-médian) et celles du modèle planaire (à travers le calcul de centres de gravité).

Le prochain paragraphe donnera tout d'abord l'occasion de récapituler les techniques existantes de traitement du signal, puis de montrer leur capacité à s'intégrer dans une problématique de multilocalisation d'activités du type p-médian.

3.2 Méthodes de délimitation fondées sur le traitement du signal et l'analyse

d'image

La première étape de l'algorithme introduit précédemment et destiné à localiser un ensemble de points de vente avec un bon niveau d'optimalité consiste à délimiter les zones de chalandise. Or, comme on l'a vu au chapitre 1, les méthodes actuelles de délimitations comportent un grand nombre de lacunes et d'imprécisions.

3.2.1 Introduction au traitement du signal et à l'analyse d'image

Les limitations précédentes se devaient d'être surmontées en introduisant une nouvelle approche pour délimiter les aires composant la zone de chalandise ou même toute autre zone géographique possédant des caractéristiques commerciales, économiques, sociologiques propres. Cette nouvelle solution devait à la fois être rapide, précise et pouvoir être convertie en algorithmes de manière à pouvoir être mise en application sur ordinateur et de préférence sur les calculateurs les plus courants du marché, c'est-à-dire les micro-ordinateurs.

Pour répondre à ces exigences, il est un fait que les algorithmes nécessitant la plus grande vitesse d'exécution sont ceux fonctionnant en dynamique. Dans ce cas, les informations issues de capteurs sont fournies en temps réel au calculateur qui les traite au même rythme que les données sont prélevées. Outre les applications purement électroniques, les domaines qui utilisent ce genre de traitement d'information ne sont pas légion et se rassemblent essentiellement autour du traitement du signal. Le traitement du signal vise à interpréter une information possédant une certaine continuité soit dans le temps, soit dans l'espace. Il s'agit ainsi d'arriver à distinguer, dans la masse de données, les informations non-aléatoires, et de caractériser ces données atypiques pour éventuellement les reconnaître à chaque fois qu'elles se présenteront à nouveau. De nombreuses applications utilisent les principes du traitement du signal dont la plus élaborée est la vision artificielle, une technique complémentaire de la robotique. D'autres disciplines font largement appel au traitement du signal comme toutes les sciences désireuses de rendre de façon automatique le résultat de leurs observations. Ainsi, ont procédé la cristallographie et la biologie en microscopie électronique, la médecine en échographie et radiographie, la géographie et la géologie pour traiter les images prises d'avion ou de satellite, l'acoustique pour les signaux sonores, la climatologie dans l'interprétation des images radars, la physique pour l'examen des spectrographes, etc... Les premières études sur

la vision artificielle furent menées à partir de 1950 par Gibson ⁵⁶⁰ à Boston puis dans les années 60 dans le domaine de la recherche spatiale en particulier pour tout ce qui concerne le traitement des images provenant des sondes et des satellites. Plus tard, la robotique, avec les travaux de Binford ⁵⁶¹ et de Horn ^{562 563}, a pris le relais dans le développement de ce domaine récent qui allait désormais s'appeler *visionique* ou *computer vision* en anglais.

On observe une grande similitude entre les données issues de capteurs électroniques ou optiques et les données géomarketing. Ces données, quelle qu'en soit la source, sont en effet variables dans l'espace et dans le temps. D'autre part, les capteurs ou les moyens d'obtention des informations marketing n'étant pas parfaits, elles comportent toutes des erreurs de mesure soit aléatoires du type neige, soit de type absences d'information, soit encore de type perturbations hautes ou basses fréquences liées à des interférences dans le cas de capteurs "physiques" ou liées au mode de collecte des données dans le cas de données géomarketing. McKay ⁵⁶⁴, de l'Université d'Indiana, fut le premier à avoir noté que les données géomarketing comportaient un signal de base avec une perturbation, le bruit, à éliminer par un filtrage approprié. Son travail s'est malheureusement limité à un filtre médian de base sans explorer toutes les possibilités qu'offre la science du signal.

Il y a quatre étapes fondamentales qui se succèdent d'une façon générale dans le processus d'analyse du signal et qui sont dans l'ordre:

- **l'acquisition des données** par un capteur, dans le cas du géomarketing, ce capteur prenant la forme d'une enquête auprès d'une population donnée de clients effectifs, de clients potentiels, de non-clients ou de toutes autres informations commerciales

⁵⁶⁰ GIBSON J.J. (1950) *The Perception of the Visual World*, Editions Houghton-Mifflin, Mass., Boston.

⁵⁶¹ BINFORD T. (1971) Visual Perception by Computer, *IEEE Systems Science & Cybernetics Conference*, FA, Miami.

⁵⁶² HORN B.K.P. (1975) *The Psychology of Computer Vision*, Editeur P.Winston, NY.

⁵⁶³ HORN B.K.P. (1986) *Robot Vision*, Editions MIT, Press Mc Graw-Hill, NY.

⁵⁶⁴ MCKAY D.B. (1973) Spatial Measurement of Retail Store Demand, *Journal of Marketing Research*, 10, 4, p. 447-453.

quantifiées et liées à une localisation géographique précise. Dans le cas de données d'adresses, celles-ci sont géocodées afin d'obtenir une cartographie représentant l'ensemble des clients potentiels.

- ❑ **le pré-traitement des données** destiné à éliminer les imperfections du capteur ou de la source d'information à savoir dans le cas d'une enquête marketing, les non-réponses ou l'absence de réponse, les fausses réponses, les erreurs d'échantillonnage ou les biais,
- ❑ **le traitement** à proprement parler qui s'attache dans notre problématique à détecter par des algorithmes les frontières de la zone de chalandise,
- ❑ **l'exploitation des résultats** qui vise à caractériser les informations extraites de la masse des données, ici, en l'occurrence, il s'agit de donner les caractères propres à la zone de chalandise, c'est-à-dire les paramètres géométriques qui vont nous servir à construire le modèle p-médian tels que les coordonnées des centres de gravité (nœuds du réseau) de chaque aire composant la zone de chalandise ou éventuellement la surface de ces aires (qui pourra constituer une possibilité de mesure de la demande).

Nous allons maintenant décrire plus précisément les étapes de pré-traitement et de délimitation des zones de chalandise sachant que nous supposons avoir obtenu à ce stade une cartographie des données d'adresses clients. Les deux étapes suivantes seront illustrées par des exemples concrets de délimitation de zones de chalandise théoriques. A noter que la répartition de clients dans l'espace va être prise en considération à titre d'exemple, mais on aurait aussi bien pu, en suivant les mêmes méthodes, s'attacher à la délimitation de zones d'implantation de commerces ou d'activités de services.

3.2.2 Le géocodage et la représentation des données géomarketing

La première phase de notre algorithme consiste donc à repérer les coordonnées géographiques des clients: leur localisation conditionnera en effet le choix d'une (ou de plusieurs) localisation(s) d'activités. Supposons qu'on connaisse la localisation géographique de la clientèle d'un point de vente. Une base de données d'adresses peut être construite grâce à l'information obtenue à partir:

1- des cartes de fidélité (grands magasins, chaînes)



2- des modes de paiement comme les chèques (magasins, banques)



3- des bulletins d'un jeu-concours spécialement organisé pour l'occasion



4- d'un repérage des immatriculations des véhicules sur le parking



5- d'une enquête directe (questionnaire auprès des clients)



En utilisant en premier lieu, la méthode empirique, on représente chaque adresse client par un point sur un graphique correspondant au plan géographique 2D (géocodage), on obtient un nuage de points dont la densité varie dans le plan en fonction de la concentration de la clientèle. Les amas de points figurent les zones de chalandise à partir desquelles le point de vente tire l'essentiel de sa clientèle. L'œil humain réussit assez bien, en visualisant une telle carte, à délimiter les frontières de ces amas grâce à ses fonctions performantes d'analyse spectrale. Ceci dit, la vision humaine n'est pas parfaite et un examen visuel, outre le fait que ce mode de procédure, pour délimiter les zones de chalandise, est long et fastidieux, risque de conduire à des erreurs d'interprétation.

La délimitation analytique des aires denses s'avère aussi difficile sur le plan mathématique mais nécessaire néanmoins si l'on veut non seulement bien connaître sa clientèle, par exemple pour de futures opérations promotionnelles (mailing par quartier), mais aussi pour s'assurer de la bonne localisation de ses points de vente.

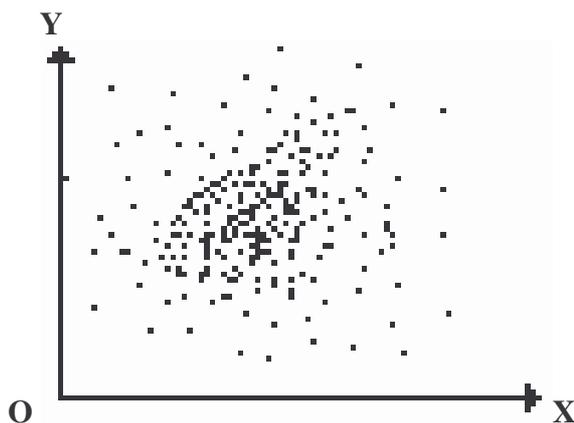


Fig. 3.2 - Exemple de représentation de clients sous forme de pixels

Si l'on revient au cas précédent, l'analyse peut porter sur les données d'adresses clients précédemment évoquées ou bien encore sur les données de fréquentation du point de vente. A chacun des k clients C_1, \dots, C_k , recensés, on peut associer une fréquentation du point de vente respectivement f_1, \dots, f_k sur une période T qui est choisie de manière adéquate (une semaine, un mois, un an, ...) selon le type de point de vente considéré.

Les données d'enquête sont de type discret tout comme les données graphiques numériques, ce qui facilite leur représentation visuelle (Le présent exposé mathématique pourrait être établi sans mise en parallèle avec une quelconque représentation visuelle, mais cette approche en facilite la compréhension).

Chaque adresse d'un client C_i correspond à un point allumé soit un pixel noir de coordonnées (x_i, y_i) dans une base orthonormée (OX, OY) : i variant de 1 à n et j de 1 à m pour un découpage de la région géographique analysée en $n \times m$ petites zones (x_i, y_i) . Le pixel noir (présence d'au moins un client) ou blanc (absence de client) correspond dans ce cas à un élément de l'espace géographique quadrillé sous forme d'un réseau carré. Ceci dit, le réseau carré (matriciel), bien que très pratique, n'est pas forcément la partition la plus adéquate de l'espace géographique, car celle-ci ne conserve pas les propriétés topologiques du monde réel, et en particulier la propriété de connexité (contrairement au réseau hexagonal).

Pour améliorer la représentativité de la zone de chalandise, on peut faire correspondre à chaque pixel un niveau linéaire de gris (ou de couleur) en fonction soit du nombre de clients dans la zone (x_i, y_i) , soit de la somme $\Sigma f = f_{ij}$ des fréquentations du point de vente par l'ensemble des clients de la zone (x_i, y_i) sur une période T . Ce codage est souhaitable lorsque le quadrillage de la zone géographique possède une faible résolution (peu de pixels). D'autres variables peuvent être bien sûr prises en compte selon les préoccupations de l'analyse, comme le chiffre d'affaires (ou la rentabilité) lié à chaque client sur une période de temps. Si l'on considère par exemple chaque pixel d'une matrice carrée 512×512 , formé d'une information codée sur 8 bits, on a alors 256 niveaux de valeurs disponibles pour chaque point pour un encombrement mémoire sur 256 k octets. Le dessin suivant montre une possibilité de représentation des points-clients sur une carte bidimensionnelle.

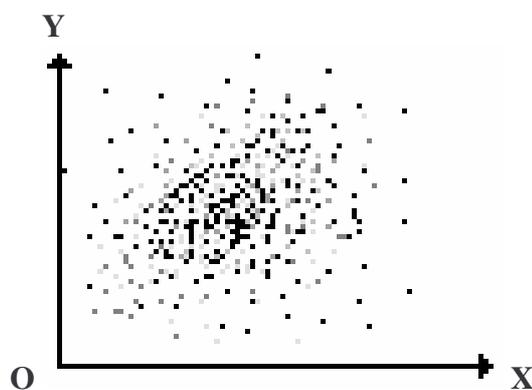


Fig. 3.3 - Exemple de localisation de clients associés à leur fréquentation, sous forme d'un nuage de pixels en niveaux de gris

Il existe cependant de nombreuses possibilités différentes de représentations graphiques des données géomarketing que par des points comme :

- la projection cavalière qui est une représentation en 3 dimensions des données géomarketing (exemple: niveau de fréquentation des clients d'un magasin) dans l'espace géographique:

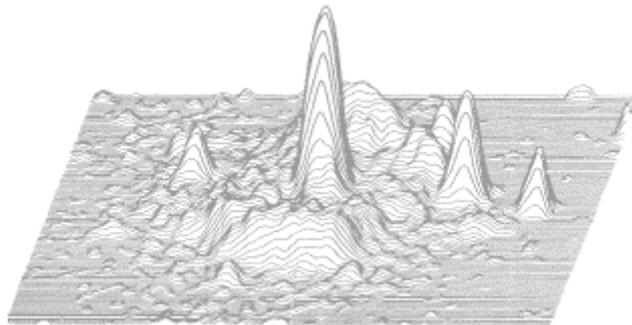


Fig. 3.4 - Exemple de projection cavalière

- les lignes de Niveau délimitant les frontières de zones possédant des valeurs homogènes (exemple: niveaux d'équi-fréquentation):

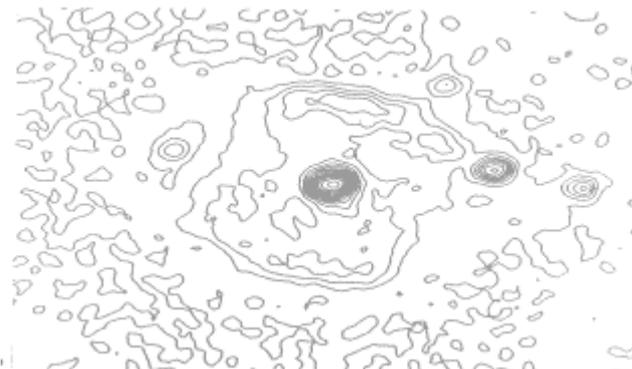


Fig. 3.5 - Exemple de lignes de niveaux

- le code Ternaire qui est une simplification de la représentation ponctuelle. Ce code de représentation ne possède que 3 valeurs possibles avec par exemple, si l'on considère les différents types de zones d'une ville en termes de fréquentations d'un point de vente, les zones comptant au moins un client (point foncé), les zones comptant uniquement des

habitants non-clients (point clair) et les zones urbaines sans habitants (en blanc):



Fig. 3.6 - Exemple de représentation en code ternaire

Après avoir vu les modes de représentation possible des données géomarketing et la manière d'obtenir les adresses, l'étape suivante consiste à délimiter les aires denses en terme de clients dont le regroupement est appelé communément "zone de chalandise" (la zone concentrant au mieux le meilleur du potentiel commercial). Après avoir rappelé les différentes approches de ces aires dans la littérature, nous nous proposons d'introduire de nouvelles méthodes de délimitation pour pallier le manque de précision et de rapidité des méthodes actuelles.

3.2.3 Le prétraitement des données par filtrage

Le prétraitement des données d'enquête est destiné à faciliter l'analyse des données sans réduire la qualité de l'information disponible, bien au contraire. En traitement du signal, la principale méthode consiste en un filtrage ondulatoire (une image ou une enquête sur un secteur géographique étant une onde bidimensionnelle). On cherchera ainsi non seulement à accentuer le crénelage (accentuation des contours entre les zones de différentes caractéristiques à peu près homogènes), mais aussi à s'affranchir de la pollution par des données atypiques (bruit) dues par exemple à des erreurs d'enquête (ex. mauvaise administration ou saisie), aux fausses réponses (ex. fausse adresse) ou tout simplement à des réponses marginales au sein de la zone de caractéristiques homogènes.

Comme on l'a déjà vu, McKay est le premier à avoir utilisé la technique du filtrage sur des

données de localisation spatiale d'un échantillon de clients ⁵⁶⁵ en constatant que ces informations étaient composées d'un signal fondamental de base et d'un signal perturbateur ou bruit dont il fallait s'affranchir. Mais, cette imperfection des données n'était pour lui que le fait de fortes différences comportementales entre des consommateurs habitant à proximité les uns des autres, alors que le bruit trouve aussi son origine dans des informations erronées ou manquantes. Etudiant un échantillon d'une centaine de clients seulement, le traitement des données s'était limité à l'utilisation d'un filtre binomial (filtrage en moyenne pondérée) du type:

$$C = [c_{mn}] = \begin{pmatrix} 1/16 & 2/16 & 1/16 \\ 2/16 & 4/16 & 2/16 \\ 1/16 & 2/16 & 1/16 \end{pmatrix}$$

avec, si Z_{ij} représente la valeur mesurée au point de localisation (X_i, Y_i) , une nouvelle valeur W_{ij} modifiée par ce filtre est donnée par :

$$W_{ij} = \sum_{m=-M}^M \sum_{n=-N}^N c_{mn} Z_{i+m, j+n}$$

le filtre ayant pour dimension $2M+1$ par $2N+1$ (c'est-à-dire $M=$ et $N=1$ pour le filtre binomial précédent). Comme on va le voir, le filtre binomial bien qu'éliminant le bruit lié par exemple à des erreurs d'enquête n'est pas le plus recommandé pour conserver les contours.

Le filtrage spatial repose d'une manière générale sur des opérations ponctuelles appliquées de manière itérative sur chaque valeur ou agrégat de valeurs d'une matrice ou d'une image (en quelque sorte des opérations portant sur les aires géographiques regroupant des clients d'un niveau moyen de fréquentation homogène). Les filtres spatiaux les plus courants sont:

⁵⁶⁵ McKAY D.B. (1973) Spatial Measurement of Retail Store Demand, *Journal of Marketing Research*, 10, 4, p. 447-453.

- le filtre en moyenne

- le filtre médian

- le filtre sigma

- le filtre Nagao

Il est également intéressant d'utiliser la *transformation de dilatation* lorsque les points représentant les clients sont assez éloignés les uns des autres et qu'il n'y a pas possibilité de distinguer de forme claire de la zone de chalandise.

Le filtre en moyenne

Ce traitement revient à traiter la matrice de données en prenant comme nouvelle valeur de chaque point, la moyenne du point considéré aggloméré avec ses voisins. Il correspond en fait au filtre binomial avec des coefficients de pondération égaux à 1. Dans une matrice, chaque élément (excepté sur les bords) compte 8 voisins adjacents de même que sur une image à matrice carrée.

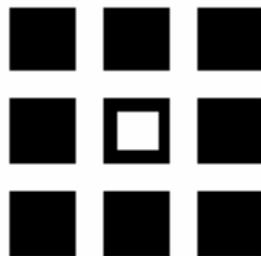


Fig. 3.7- 8 voisins adjacents à un point central

Ainsi, la nouvelle valeur $f'_{i,j}$ de $f_{i,j}$ est :

$$f'_{i,j} = [f_{i,j} + f_{i+1,j+1} + f_{i+1,j} + f_{i,j+1} + f_{i-1,j-1} + f_{i-1,j} + f_{i,j-1} + f_{i+1,j-1} + f_{i-1,j+1}] / 9$$

Ce procédé comme tous les filtres binomiaux en général a l'inconvénient de lisser les données mais lisse aussi les transitions (les bords d'objets à fort gradient d'intensité deviennent souvent

floos). Très simple, rapide, il n'est à utiliser que lorsque la densité des clients dans les aires de chalandise est faible afin d'obtenir un effet de lissage fort.

le filtre médian

Le filtrage en moyenne compte tenu de ses inconvénients peut être avantageusement remplacé par le filtrage médian, un filtre passe-bas qui a tendance à accentuer les intensités sans lisser les bords. La médiane M d'une variable x vérifie par définition les probabilités suivantes:

$$P(x \leq M) \geq 1/2 \text{ et } P(M \leq x) \geq 1/2$$

Le filtrage médian élimine le bruit de type neige (erreur dispersée de façon aléatoire) mais au détriment d'une légère perte de résolution.

L'exemple suivant représente la même représentation des localisations de clients virtuels selon leurs niveaux de fréquentation d'un point de vente (les points foncés représentent les clients fréquentant assidûment le magasin, les points plus clairs les clients moins fidèles). Le dessin à côté montre cette cartographie traitée par deux filtres médians successifs: les aires de chalandise à forte fréquentation de clients apparaissent plus nettement (zones foncées) ce qui facilitera la délimitation des frontières :

Fig. 3.8 - Adresses clients associées aux fréquentations

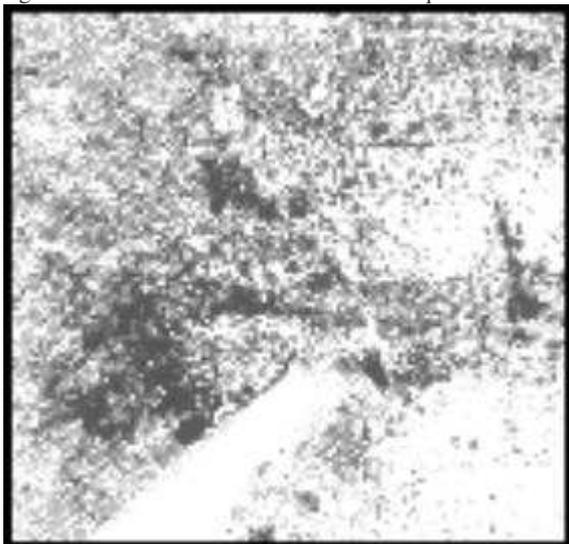
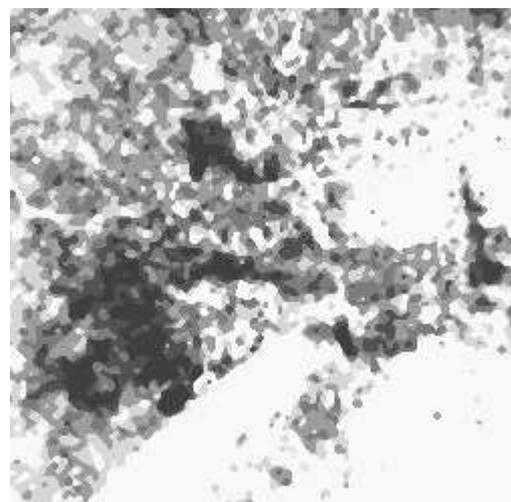


Fig. 3.9 - La représentation traitée par 2 filtres médians



Comme vu précédemment (§ 1.4), nous remarquons que les zones denses de clientèle ne

forment pas un ensemble géographique compact ⁵⁶⁶, mais se répartissent en différentes aires de chalandise (nous dirons que la zone de chalandise se compose en fait de plusieurs aires de chalandise).

le filtre sigma

Le filtre sigma est surtout un filtre de débruitage. A tout point (i, j) de la zone image active de niveau de f_{ij} est affectée la moyenne de ses voisins dont le niveau appartient à l'intervalle centré en f_{ij} de demi-largeur 2σ , σ étant la variance locale dans la fenêtre. Toutefois, si le nombre de voisins appartenant à cet intervalle est inférieur ou égal au nombre de voisins $V=2L+1$, alors f_{ij} sera remplacé par la moyenne de ses huit voisins immédiats. Ce traitement est bien adapté au filtrage d'un bruit impulsionnel (erreur très forte, répétée mais localisée, cas de réponses totalement erronées mais rares), en choisissant $\sigma < 2$ et $L=1$ ($V=2L+1=3$, correspondant à un voisinage 3×3) ce qui peut être le cas si les données géomarketing présentent des erreurs importantes mais espacées.

le filtre de Nagao

Un des filtrages spatiaux les plus utilisés et les plus intéressants de nos jours est celui de Nagao ⁵⁶⁷. On considère cette fois le voisinage d'un pas de deux éléments (ou plus généralement de e éléments) autour du point (i, j) considéré, soit une sous-matrice de $5 \times 5 = 25$ éléments. On calcule ensuite pour 9 configurations compactes d'éléments de 3 types différents (voir dessin suivant), la moyenne et la variance des valeurs des éléments les composant.

⁵⁶⁶ CLIQUET G., FADY A., BASSET G. (2002) *Management de la Distribution*, Dunod, Paris.

⁵⁶⁷ NAGAO M., (1979) Edge Preserving Smoothing, *CGIP*, vol. 9, p.394-407.

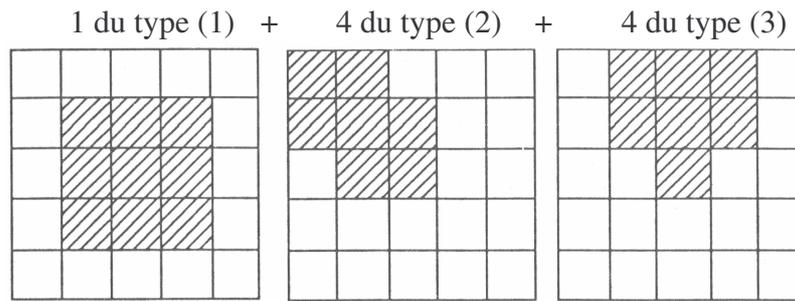


Fig. 3.10 - Les 3 catégories des 9 configurations du filtrage de Nagao sur lesquelles porte le calcul des moyennes et des variances

La nouvelle valeur choisie pour le point (i, j) est alors celle de la moyenne correspondant à la plus faible variance. Ce traitement est réalisé en considérant tour à tour tous les points de la matrice des données de fréquentation.

Les contours sont ainsi bien conservés car le lissage ne se fait que dans sa direction tangentielle c'est-à-dire dans la direction où la modification est la moins visible ⁵⁶⁸. C'est la raison pour laquelle on dit que le filtre de Nagao est qualifié de lissage avec conservation et même accentuation des contours. Ce filtrage peut être réitéré plusieurs fois sur la matrice déjà traitée. On observe que ce filtre est pratiquement idempotent: au bout de quelques itérations, l'image (ou la matrice) ne se modifie presque pas. On arrête alors le processus de traitement.

L'exemple suivant montre la même représentation des localisations de clients virtuels selon leur niveau de fréquentation d'un point de vente (les points foncés représentent les clients fréquentant assidûment le magasin, les points plus clairs les clients moins fidèles). Le dessin à côté montre cette cartographie traitée par deux filtres successifs: on distingue beaucoup plus nettement les frontières des aires de chalandise à forte fréquentation de clients (zones foncées plus homogènes que pour les filtres précédents):

⁵⁶⁸ ORSTOM (1998) *Image Satellite et Milieux Terrestre en Régions Arides et Tropicales*, Editions de l'Orstom, Bondy.

Fig. 3.11- Adresses clients associées aux fréquentations

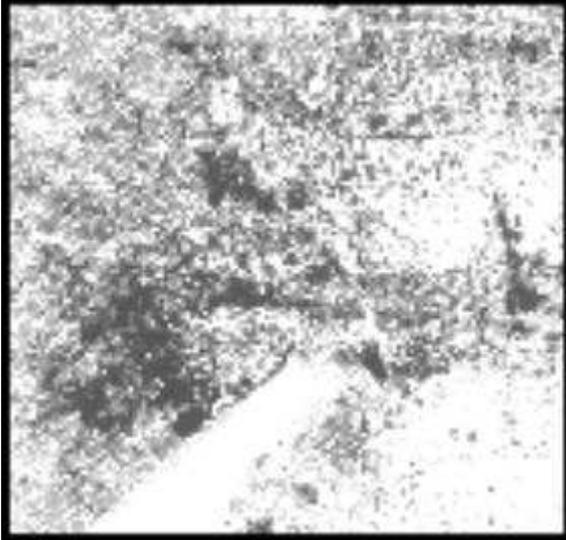
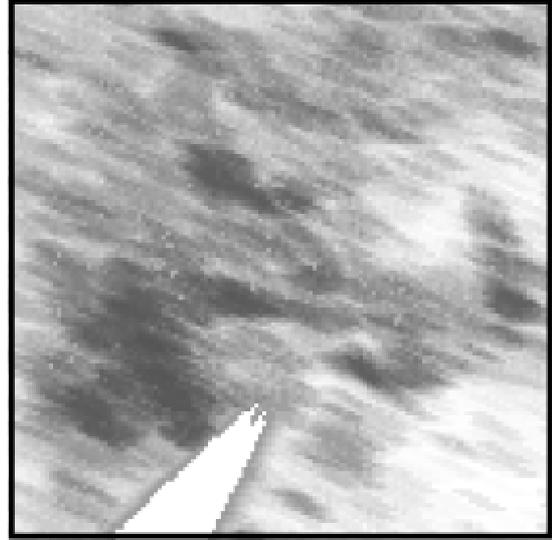


Fig. 3.12 - La représentation traitée par 2 filtres Nagao



Il existe encore de nombreux autres filtres capables d'améliorer la qualité de l'image cela afin de faciliter dans l'étape suivante, le processus de délimitation des contours des aires. En particulier, de la même façon que sur une photo de mauvaise qualité, les données géomarketing sont susceptibles de comporter soit des perturbations basses fréquences aléatoires et stationnaires (ex: données manquantes, échantillon d'enquête trop faible ou base de données d'adresses clients incomplète) qui influent négativement sur les frontières de zone de chalandise en les rendant floues. Un deuxième type d'interférences est constitué par les perturbations hautes fréquences liées plus spécifiquement au mode de collecte des données: il peut par exemple arriver dans une enquête que tous les 100 questionnaires, il y ait une ou plusieurs réponses fantaisistes (clients donnant une fausse adresse ou bien surestimant son taux de fréquentation ou d'achat dans le magasin). Même si les filtres précédents ont tendance à lisser ces erreurs, il existe des filtrages de fréquence spécifiques dont le rôle est d'assurer la suppression de ces fréquences non désirées. Le premier type s'atténue avec les filtres passe-haut (laissant passer les hautes fréquences) alors que le deuxième s'estompe grâce à des filtres passe-bas (laissant passer les faibles fréquences).

La transformation de dilatation

Elle consiste en résumé à grossir les points représentatifs des clients jusqu'à ce que ceux-ci se touchent et que l'on distingue les formes pleines de la zone de chalandise. En effet, dans certains cas, les clients d'un point de vente représentés sur une carte à la suite d'une phase de géocodage, apparaissent si éloignés les uns des autres qu'il est impossible de percevoir les formes de la zone de chalandise, la dilatation permettant alors de résoudre ce problème. La dilatation tend donc à connecter les parties disjointes et à lisser les contours. Nous reviendrons plus précisément sur cette transformation dite "morphologique" dans le paragraphe suivant qui montre comment délimiter de cette manière les zones de chalandise (la dilatation sera également utilisée dans la deuxième partie pour lisser les zones de chalandise constituées par les clients potentiels de l'Ouest parisien intéressés par les produits biologiques).

3.2.4 La délimitation des zones de chalandise par traitement du signal

Après avoir lissé les données par un filtrage approprié pour obtenir une cartographie plus nette des données géomarketing, on choisit une méthode parmi celles disponibles, méthodes toujours inspirées du traitement du signal ou de l'analyse d'image, pour procéder à la délimitation de la zone de chalandise. Les méthodes de délimitation possibles sont:

- une méthode empirique (le seuillage d'histogramme),
- la méthode par masquage et convolution: gradient, laplacien, Sobel, Prewitt,
- la méthode par analyse morphologique.

• Délimitation par seuillage d'histogramme

La délimitation par seuillage d'histogramme consiste en premier à comptabiliser chaque valeur discrète que les éléments de la matrice f'_{ij} des fréquentations préalablement obtenues peut prendre puis de les tracer sous la forme d'un histogramme. On tente alors de déterminer une valeur seuil T qui permette de séparer le groupe appartenant à l'objet et celui appartenant

au fond. Ainsi, pour toute valeur de l'image ou de la matrice $f'_{i,j}$ supérieure ou égale à T , le point correspondant appartiendra à la zone de chalandise au contraire des valeurs inférieures à T .

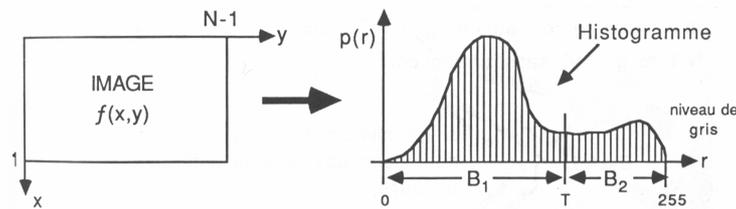


Fig. 3.13 - Exemple de représentation sous forme d'un histogramme des valeurs $f(x,y)$ des points d'une image

Dans le cas plus général, on peut réussir à distinguer plusieurs seuils T_1, \dots, T_s sur l'histogramme avec donc plusieurs types de zones de fréquentation du point de vente considéré par la clientèle :

si $f'_{i,j} < T_1$, fréquentation quasi nulle

si $T_1 \leq f'_{i,j} < T_2$, fréquentation faible

⋮ ⋮

si $T_s \leq f'_{i,j}$, fréquentation élevée

Le seuillage T_1, \dots, T_s déterminé peut être soit *global* (valable pour tout l'espace géographique analysé), soit *local* (les valeurs du seuil varie selon les régions du plan),

Mais, dans beaucoup de cas, l'histogramme ne présente pas de seuils distinctifs de zones bien nets comme dans l'exemple ci-dessous.

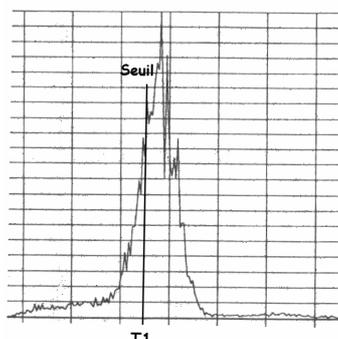


Fig. 3.14 - Détermination d'un seuil de valeurs sur un histogramme

Une première méthode, empirique, consiste à tenter de définir un seuil T par tâtonnements successifs en observant la pertinence de l'image seuillée. Il est également possible de rechercher un seuil T en considérant que l'histogramme H(f) est la somme de deux densités de probabilité :

$$H(f) = H_1 \times h_1(f) + H_2 \times h_2(f)$$

$h_1(f)$ et $h_2(f)$ sont les fonctions de densité de probabilité et H_1 et H_2 sont les probabilités d'existence de 2 groupes de valeurs dans la matrice (ou des 2 types de niveaux de gris dans l'image).

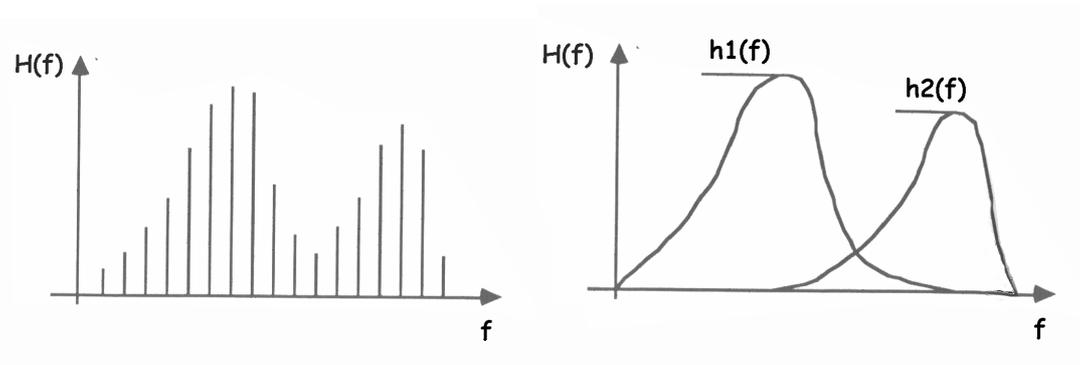


Fig. 3.15 - Exemples d'un histogramme et de son enveloppe comportant plusieurs valeurs de seuils

La probabilité de classement par erreur d'un point à fréquentation faible dans la zone 2 à forte fréquentation (zone de chalandise) s'exprime par :

$$E_1(T) = \int_{-\infty}^T h_2(f) df$$

Et inversement, la probabilité de classement par erreur d'un point à fréquentation importante (appartenant à la zone de chalandise) dans la zone 1 à faible fréquentation s'exprime par :

$$E_2(T) = \int_T^{+\infty} h_1(f) df$$

La probabilité d'erreur totale est donnée par : $E(T) = H_2 E_1(T) + H_1 E_2(T)$

Celle-ci doit être minimisée et en conséquence la dérivée de E(T) par rapport à T est nulle. On a donc $H_1 h_1(T) = H_2 h_2(T)$. Le seuil T qui permet de départager les deux densités de

probabilité $h_1(T)$ et $h_2(T)$ correspond ainsi à la valeur du minimum de l'histogramme correspondant à la densité $h_1(T)$ c'est-à-dire :

$$T = \frac{1}{2}(\mu_1 + \mu_2) + \frac{\sigma_2}{\mu_1 - \mu_2} \text{Ln}\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$$

μ_1 et μ_2 étant les luminances des densités de probabilité $p_1(f)$ et $p_2(f)$,

σ_1 et σ_2 étant les écarts-types de ces mêmes densités de probabilité.

• *Délimitation par le gradient*

La méthode par le gradient et celle par le laplacien décrite dans le paragraphe suivant, utilisent les différences de valeur entre les points proches pour déterminer les frontières. Le vecteur gradient qui traduit les variations de fréquentation des clients dans le sens vertical (composante de l'abscisse sur la cartographie) et dans le sens horizontal (composante de l'ordonnée sur la cartographie) a pour expression dans l'espace $f'_{i,j}$ du chapitre précédent :

$$\vec{G} = \begin{pmatrix} \frac{\partial f}{\partial i} \\ \frac{\partial f}{\partial j} \end{pmatrix}$$

$$\text{avec } \frac{\partial f}{\partial i} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f_{i,j} - f_{i+h,j}}{h} \quad \text{et} \quad \frac{\partial f}{\partial j} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f_{i,j} - f_{i,j+h}}{h}$$

La norme du vecteur \vec{G} orienté dans le sens de la variation maximale correspond au maximum de variation d'intensité.

$$|\vec{G}| = \left| \left(\frac{\partial f}{\partial i} \right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial j} \right)^2 \right|^{1/2}$$

en approximation dans les algorithmes, on prend :

$$|\vec{G}| \approx \left[(f_{i,j} - f_{i+1,j})^2 + (f_{i,j} - f_{i,j+1})^2 \right]^{1/2}$$

et surtout :

$$|\vec{G}| \approx |f_{i,j} - f_{i+1,j}| + |f_{i,j} - f_{i,j+1}|$$

ou bien lorsque les contours sont peu marqués, on utilise l'approximation de Roberts (variations du gradient peu importantes)^{569 570} :

$$|\vec{G}| \approx |f_{i,j} - f_{i+1,j+1}| + |f_{i+1,j} - f_{i,j+1}|$$

Pour délimiter les contours par la méthode du gradient, il faudra en pratique comparer $|\vec{G}|$ à une valeur seuil T positive. Si $|\vec{G}| \geq 0$, alors le point considéré appartient au contour (qui peut comporter une épaisseur de plusieurs pixels) et dans le cas inverse, le point appartient au fond ou à l'objet.

Le gradient s'exprime par l'opérateur matriciel :

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

• *Délimitation par le laplacien*

L'opérateur laplacien est défini par :

$$\Delta = \left(\frac{\partial^2 f}{\partial i^2} \right) + \left(\frac{\partial^2 f}{\partial j^2} \right)$$

soit en première approximation,

$$\Delta = f_{i+1,j} - 2f_{i,j} + f_{i-1,j} + f_{i,j+1} - 2f_{i,j} + f_{i,j-1} = f_{i+1,j} + f_{i-1,j} + f_{i,j+1} + f_{i,j-1} - 4f_{i,j}$$

On définit la norme du vecteur laplacien par :

$$\bar{\Delta} = \left| \left(\frac{\partial^2 f}{\partial i^2} \right)^2 + \left(\frac{\partial^2 f}{\partial j^2} \right)^2 \right|^{1/2}$$

⁵⁶⁹ CANNY J. (1986) A Computational Approach to Edge Detection, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. PAMI-8, No. 6, pp. 679-698.

⁵⁷⁰ LIM J. S. (1990) *Two-Dimensional Signal and Image Processing*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, pp. 478-488.

et le laplacien s'exprime par l'opérateur matriciel :
$$\begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix}$$

Le gradient et le laplacien sont en fait des masques linéaires. Nous examinons dans le paragraphe suivant la technique de délimitation par masquage d'une façon générale.

La même représentation des localisations de clients virtuels selon leurs niveaux de fréquentation d'un point de vente nous permet d'illustrer le filtre laplacien de délimitation (dessin de droite) suite à l'application de deux filtres médians sur la cartographie initiale (dessin de gauche) conformément à l'étape précédente. Les contours sont nets mais présentent des courbes non fermées à ébavurer:

Fig. 3.16 - Adresses clients associées aux fréquentations

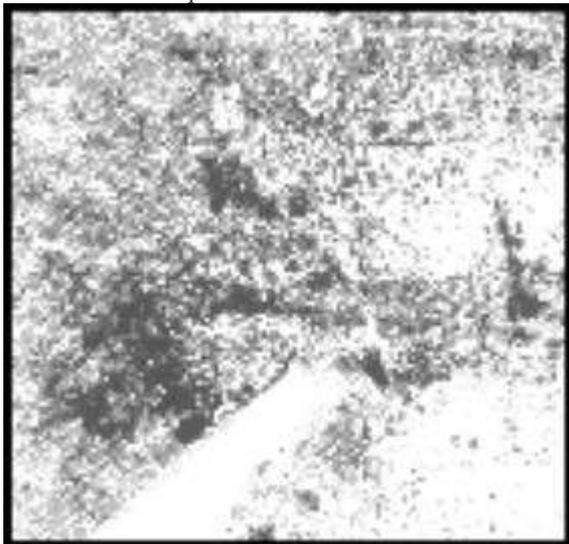
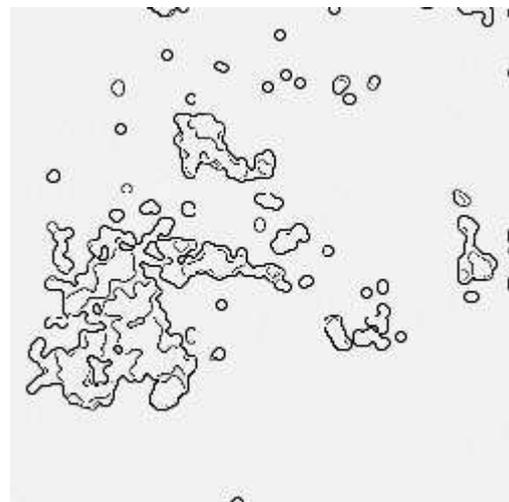


Fig. 3.17 - La représentation traitée par le laplacien après 2 filtres médian



- *Délimitation par masquage*

Le masquage est un type de filtrage qui généralise le principe des filtres laplacien et gradient vus précédemment en faisant appel au produit de convolution de deux fonctions.

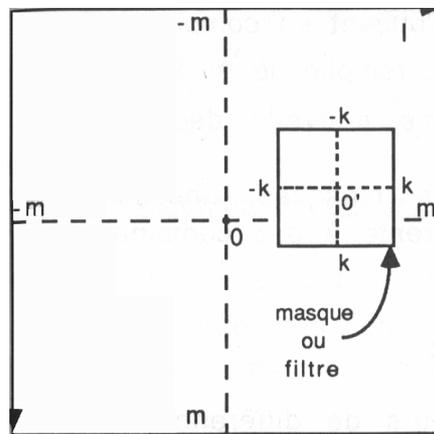
Pour rappel, le produit de convolution de deux fonctions f et $g : Z \rightarrow R$ est une fonction $h : Z \rightarrow R$ définie par :

$$h(k) = \sum_{j=-\infty}^{+\infty} f(j)g(k-j)$$

Ses propriétés sont d'être commutatif, associatif et d'avoir pour élément unité l'impulsion unité. On utilise la notation $h = f * g$. Dans le cas d'une fonction à 2 variables ou d'une matrice carrée à 2 dimensions telle $f_{i,j}$ (image) convoluée avec une fonction ou une matrice du même type $h_{i,j}$, (filtre) on a :

$$g_{i,j} = f_{i,j} * h_{i,j} = \sum_{\alpha=i-k}^{i+k} \sum_{\beta=j-k}^{j+k} f_{\alpha,\beta} h_{i-\alpha,j-\beta}$$

Fig. 3.18 - L'image $f_{i,j}$ et le filtre $h_{i,j}$



Les dimensions de l'image $f_{i,j}$ et du filtre $h_{i,j}$ sont respectivement de $2m+1$ et de $2k+1$ et celle du produit de convolution de $2(m+k)+1$. Si la dimension du filtre est très petite devant celle de l'image, ce filtre constitue une fenêtre. Il est à noter que les bords extérieurs de la nouvelle image issue du produit de convolution sont entachés d'erreurs.

On a plus spécifiquement pour le produit scalaire matriciel de 2 matrices $|A|$, l'image et $|M|$, le masque, la notation : $|A| \otimes |M|$. La matrice résultante $|A| \otimes |M|$ possède les mêmes dimensions que la matrice image $|A|$. Pour une matrice masque $|M|$, 3×3 , et le produit scalaire matriciel est défini par :

$$|A| \otimes |M| = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 a_{i,j} m_{i,j}$$

avec :

a ₁	a ₂	...
	...	a ₉

|A|

w ₁	w ₂	...
	...	w ₉

|M|

Le produit scalaire Ps s'écrit : $Ps = \vec{A} \cdot \vec{M} = a_1w_1 + a_2w_2 + \dots + a_9w_9$

Les coefficients a_i et w_i respectivement de A et de M étant rangés dans les vecteurs \vec{A} et \vec{M} .

Le contour s'apprécie en comparant la valeur Ts à une valeur seuil T. Dans le cas où $Ps > T$, le pixel transformé par la convolution est rangé dans la nouvelle matrice de délimitation.

Voici différents types de masques possibles :

Les masques linéaires

Les masques linéaires les plus connus sont le gradient et le laplacien déjà évoqués au paragraphe précédent :

-le Gradient

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \text{ ou } \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}; \quad \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix} \text{ ou } \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix}$$

Matrices de détection horizontale ; et matrices de détection verticale

-Le laplacien

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \text{ ou } \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}; \quad \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix} \text{ ou } \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix}$$

Matrices de détection horizontale ; et matrices de détection verticale

On a en parallèle des masques linéaires pouvant faire apparaître par convolution uniquement les frontières d'objet orientés dans une certaine direction avec par exemple:

- un masque pour la **détection des droites horizontales**

$$\begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 2 & 2 & 2 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix}$$

- un masque pour la **détection des droites à 45°**

$$\begin{pmatrix} -1 & -1 & 2 \\ -1 & 2 & -1 \\ 2 & -1 & -1 \end{pmatrix}$$

Il existe aussi des matrices 3x3 dont les termes sont des facteurs de corrélation de Markov (voir chapitre sur le filtre spatial) ou bien des composantes issues de fonctions gaussiennes.

Voici d'autres masques parmi les plus courants avec dans les masques non-linéaires :

- les masques de Sobel

Ils sont représentés par les deux matrices:

$$S_x = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad ; \quad S_y = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix}$$

Matrice de détection horizontale ; et matrice de détection verticale

Le "pseudo-gradient" G de Sobel (une approximation du gradient vu précédemment) est donné par :

$$|G| = |G_x^2 + G_y^2|^{1/2} \quad \text{ou}$$

$$|G| = |G_x + G_y| \quad (\text{formule encore plus approchée})$$

$$\text{avec } G_x = (w_7 + 2w_8 + w_9) - (w_1 + 2w_2 + w_3)$$

$$G_y = (w_3 + 2w_6 + w_9) - (w_1 + 2w_4 + w_7)$$

La direction du pseudo-gradient est alors $\theta = \text{tg}^{-1} (G_y / G_x)$

Fig. 3.19- Adresses clients associées aux fréquentations

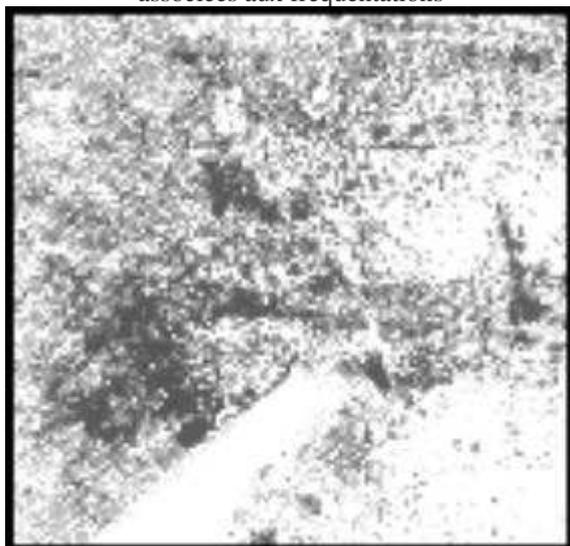
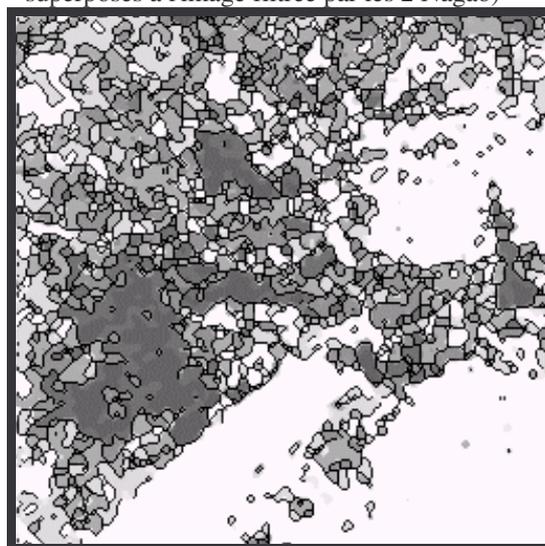


Fig. 3.20 - La représentation traitée par filtres Sobel après 2 filtres médian (les contours sont superposés à l'image filtrée par les 2 Nagao)



On remarque que le filtre Sobel possède grâce à sa fonction de détection des sauts de valeurs (de fréquentation) la propriété de fragmenter l'espace à la manière d'un puzzle en séparant les régions pleines et celles vides de clients. Une suggestion d'application est que ce filtre pourrait servir à découper de manière très fine une zone géographique en un certain nombre de cellules juxtaposées pour effectuer une étude sur la proximité spatiale des activités commerciales ou non, en utilisant le principe de l'analyse quadratique^{571 572}. Cette technique visant à mesurer la dispersion spatiale des activités repérées par la position du centre de gravité de ces cellules par rapport à une distribution aléatoire ou la méthode voisine des plus proches voisins⁵⁷³ ont déjà été utilisées dans de nombreuses études sur la proximité spatiale dans des comme le Canada^{574 575}, la Grande-Bretagne^{576 577}, l'Irlande^{578 579}, la Suède⁵⁸⁰, la

⁵⁷¹ ROGERS A. (1969) Quadrat Analysis of Urban Dispersion : 2. case studies of urban retail systems, *Environment and Planning*, 1, p. 155-171.

⁵⁷² BROWN S. (1992) *Retail Location : A Micro-scale Perspective*, Ashgate, England.

⁵⁷³ PINDER D.A. & WITHERICK M.E. (1972) The Principles, Practice and Pitfalls of Nearest-neighbour Analysis in Linear Situations, *Geography*, 57, p.277-288.

⁵⁷⁴ BOUCHARD D.C. (1973) Location Patterns of Selected Retail Activities in the Urban Environment : Montreal, 1950-1970, *Revue Géographie Montréal*, 27, p. 319-327.

⁵⁷⁵ SMITH S.L.J. (1985) Location Pattern of Urban Restaurants, *Annals of Tourism Research*, 12, p. 581-602.

⁵⁷⁶ SORENSON A.D. (1970) *A Comparative Study of the Changing Patterns of Distribution of Service Industries on Tyneside, Wearside and Teeside*, unpublished Ph.D. thesis, University of Newcastle-upon-Tyne.

Yougoslavie⁵⁸¹, Israël⁵⁸², Singapour⁵⁸³, l'Australie⁵⁸⁴, Hong Kong⁵⁸⁵ ou le Japon⁵⁸⁶. L'analyse quadratique difficile à mettre en œuvre, compare donc la distribution des localisations par rapport à celle qui aurait été générée aléatoirement : les résultats de cette technique risquée sont malheureusement sujets à variation en fonction du découpage géographique retenu de l'aire d'analyse. La méthode des plus proches voisins consiste, quant à elle, en une mesure de l'écart d'une configuration spatiale de points par rapport à une répartition aléatoire : le problème est que, selon l'étendue de la zone d'analyse, les mêmes distributions de points peuvent engendrer des mesures différentes de proximité spatiale et que la méthode est, d'une manière générale, très sensible aux effets de bord^{587 588 589}. La majorité de ces études ont cependant remarqué que les commerces de détail avaient tendance à se regrouper comme le prévoit la loi de Hotelling⁵⁹⁰ (voir § 2.1.1), au niveau des zones urbaines surtout en ce qui concerne la distribution de biens élaborés comme les grands magasins, le prêt-à-porter féminin, à l'inverse des stations-service ou de certaines activités de services basiques. Le filtre

⁵⁷⁷ SIBLEY D. (1975) *A Temporal Analysis of the Distribution of the Distribution of Shops in British Cities*, unpublished Ph.D. thesis, University of Cambridge.

⁵⁷⁸ PARKER A.J. (1973) The Structure and Distribution of Grocery Shops in Dublin, *Irish Geography*, 5, p. 625-630.

⁵⁷⁹ BRADY J.E.M. (1977) *The Pattern of Retailing in Central Dublin*, unpublished M.A. thesis, University College Dublin.

⁵⁸⁰ ARTLE A. (1959) *Study in the Structure of the Stockholm Economy : Towards a Framework for Projecting Metropolitan Community Development*, Business Research Institute, Stockholm School Economics, Stockholm.

⁵⁸¹ ROGERS A. (1974) *Statistical Analysis of Spatial Dispersion*, Pion, London.

⁵⁸² SHACHAR A. (1967) Some Application of Geo-statistical Methods in Urban Research, *Papers of the Regional Science Association*, 18, p.85-92.

⁵⁸³ WING H.C. & LEE S.L. (1980) *The Characteristics and Locational Patterns of Wholesale and Service Trades in the Central Area of Singapore*, *Singapore Journal Geography*, 1, p.23-36.

⁵⁸⁴ JOHNSTON R.J. (1967) Land Use Changes in the Melbourne CBD : 1857-1972, Troy, P.N., (ed), *Urban Redevelopment in Australia*, Research School of Social Sciences, Urban Research Unit, Australian National University, Canberra, p. 77-201.

⁵⁸⁵ LEE Y. (1979) A Nearest-neighbour Spatial Association Measure for the Analysis of Firm Interdependence, *Environment and Planning A*, 1, p. 169-176.

⁵⁸⁶ OKABE A., ASAMI Y. & MIKI F. (1985) Statistical Analysis of the Spatial Association of Convenience-good Stores by Use of a Random Clumping Model, *Journal of Regional Science*, 25, p. 11-28.

⁵⁸⁷ PINDER D.A. & WITHERICK M.E. (1972) The Principles, Practice and Pitfalls of Nearest-neighbour Analysis in Linear Situations, *Geography*, 57, p.277-288.

⁵⁸⁸ DE VOS (1973) The Use of Nearest-neighbour Methods, *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, 64, p. 307-319.

⁵⁸⁹ RÖDER W. (1975) A Procedure for Assessing Point Patterns without Reference to Area or Density, *Professional Geographer*, 27, p. 432-440.

⁵⁹⁰ HOTELLING H. (1929) Stability in Competition, *The Economic Journal*, Vol. 39, p 41-57.

Sobel pourrait donc avantageusement servir à construire de manière précise et harmonieuse le découpage géographique introduit dans ce type d'études qui deviendrait ainsi plus fiable (les découpages retenus dans la plupart des cas étaient les limites administratives pas forcément très logiques).

D'autres masques sont pratiquement équivalents au masque Sobel comme les masques de Kirch ou de Prewitt:

- le masque de Kirch

Le pseudo-gradient est cette fois donné par l'expression :

$$G = \max \left(1, \max_{i=0}^7 [|5S_i - 3T_i|] \right)$$

avec : $S_i = w_i + w_{i+1} + w_{i+2}$ et $T_i = w_{i+3} + w_{i+4} + w_{i+5} + w_{i+6} + w_{i+7}$

- le masque de Prewitt

Le masque de Prewitt⁵⁹¹ est l'un des filtres du type dérivatif le plus simple.

$$P_x = \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad ; \quad P_y = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Détection Horizontale

Détection Verticale

Il existe aussi de nombreux masques commerciaux proposés par diverses sociétés comme Robotronics, ITMI, Visiomat, FTR proposent d'autres types de détermination de contour par le procédé de masquage. Vicom, par exemple propose l'extracteur de contour (passe-haut) suivant:

⁵⁹¹ PREWITT J.M.S. (1970) *Picture Processing and Psychopictories*, Academic Press, p.75.

$$\left(\frac{1}{b+2}\right)^2 \begin{pmatrix} 1 & -b & 1 \\ -b & b^2 & -b \\ 1 & -b & 1 \end{pmatrix}$$

suivi par un atténuateur (filtre passe-bas pour supprimer les aires de clientèle bien identifiées mais trop petites pour être intéressantes dans l'analyse):

$$\left(\frac{1}{b+2}\right)^2 \begin{pmatrix} 1 & b & 1 \\ b & b^2 & b \\ 1 & b & 1 \end{pmatrix}$$

b pouvant adopter selon les cas une valeur comprise entre 0 et 9.

Voici un algorithme général qui sera capable de mettre en œuvre tous ces processus de masquage:

FONCTION MASQUE;

DEBUT

DE i=1 **A** largeur

DE j=1 **A** hauteur

DE x=1 **A** 3

DE y=1 **A** 3

ImageTransformée(i, j) = ImageTransformée(i, j) + Masque (x, y) x

ImageOriginale(i+x-1, j+y-1);

FIN

FIN

FIN

FIN

(les instructions de programmation sont en caractères gras).

- *Délimitation par transformation morphologique*

L'application de la théorie du morphisme mathématique à la science de la localisation vise à pallier ces manques en rationalisant le concept de zone de chalandise. Le morphisme mathématique qui s'inspire de notions de topologie, de traitement du signal, de probabilités et de théorie des graphes comporte un grand nombre d'applications qui toutes relèvent du monde réel. Les domaines intéressés par cette technique sont très variés et l'on trouve par exemple la science des matériaux, la géologie, la biologie, la géographie, la robotique. Le point commun des champs d'applications possibles est que les données traitées sont variables dans un espace d'observation assez souvent supérieur ou égal à deux dimensions.

Le morphisme mathématique s'attache à analyser les informations dans leur globalité. Voilà pourquoi, cette science a beaucoup apporté, comme son nom l'indique, à la reconnaissance des formes (empreinte digitale; voix, écriture; structure des matériaux; structure géologique, cytologique ou génétique; circuit électronique) et donc au traitement des images provenant de diverses sources: enregistrement sonore, photographie, microscopie électronique ou optique, images satellites, images radar ou sonar, radiographie, échographie.

Or, pourquoi ne pas utiliser les méthodes du morphisme, en s'appuyant sur le principe d'universalité des mathématiques, sur d'autres données que celles acquises par vision ou enregistrement direct du monde réel ? Le morphisme est en effet tout aussi apte à traiter des informations qui sont issues de capteurs humains (ex. enquêtes marketing quantitatives ou qualitatives) que de capteurs électroniques ou optiques ainsi que de bases de données mixtes.

Cette nouvelle méthode fondée sur le morphisme mathématique peut être décrite par une succession de plusieurs étapes:

- *Segmentation des données*
- *Amincissement et régularisation de la frontière de la zone de chalandise*

Segmentation des données

Avant de poursuivre la description du traitement sur la matrice, nous allons évoquer certaines notions utiles sur les transformations morphologiques de base.

- ◆ Transformations Morphologiques de Base: dilatation - érosion - fermeture - ouverture - chapeau "haut-de-forme"

Les premiers filtres morphologiques sur des données discrètes ou continues datent de la fin des années 1970^{592 593}, mais c'est entre 1982 et 1986 que les Français Matheron et Serra ont établi une théorie de la morphologie mathématique possédant une véritable unité^{594 595}.

Voici les principes fondamentaux de cette théorie d'analyse des formes :

Soit X un ensemble connexe de données binaires d'une matrice (0 ou 1, point allumé ou éteint dans un espace 2D), une première transformation de base possible de cet ensemble est la dilatation binaire⁵⁹⁶ qui a pour effet d'augmenter la surface totale de cet ensemble. Elle tend à connecter les parties disjointes et à lisser les contours.

⁵⁹² MEYER F. (1978) *IIème Symposium Européen d'Analyse d'Images en Sciences des Matériaux, Biologie et Médecine*, 4-7 oct. 1977. Pract. Met., S8, p. 374, Caen, France.

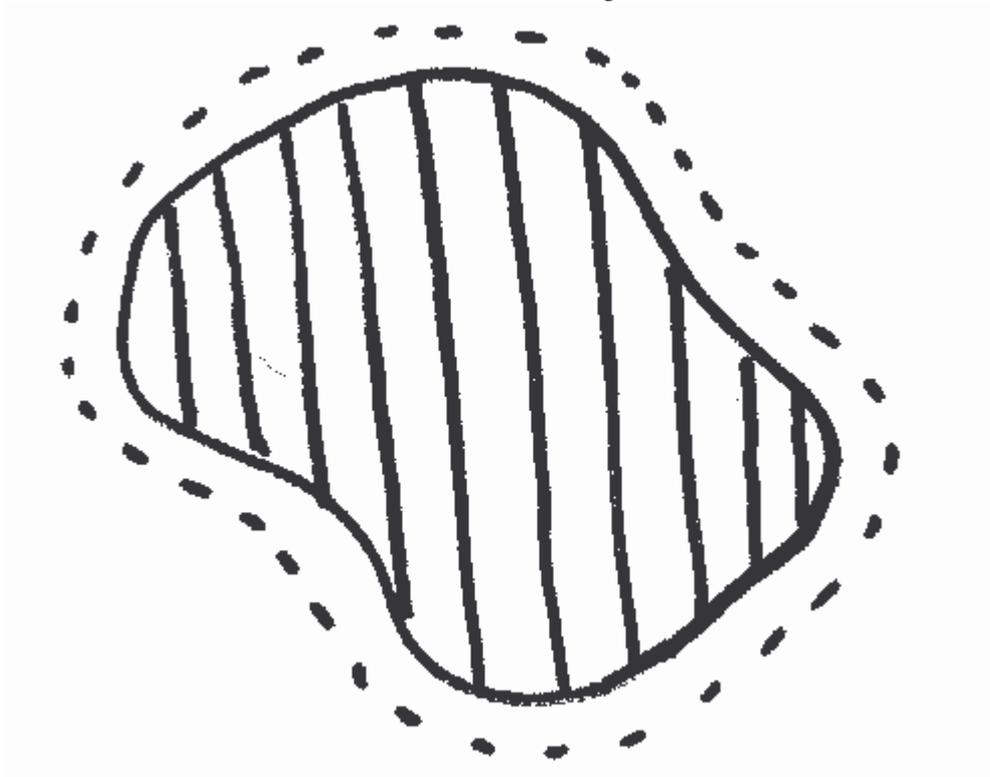
⁵⁹³ STERNBERG (1979) *Proc. 3rd Int. IEEE Comprac*, Chicago 1979.

⁵⁹⁴ SERRA J. (1982) *Image Analysis and Mathematical Morphology*, Academic Press.

⁵⁹⁵ MATHERON G. (1982) Les Applications Idempotentes, *Rapport du Centre de Géostatistique et de Morphologie Mathématique n°743*, Ecole des Mines, Fontainebleau.

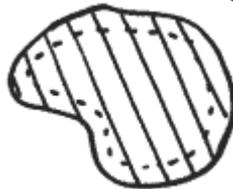
⁵⁹⁶ MINKOWSKI H. (1903) *Mathematics Annals*, Vol. 57, p.447.

Fig. 3.21 - Exemple d'une dilatation:
en hachures, la forme originale



Une autre transformation morphologique de base est l'érosion binaire ⁵⁹⁷ qui lisse aussi la surface mais à l'inverse la réduit.

Fig. 3.22- Exemple d'une érosion:
en hachures, la forme originale

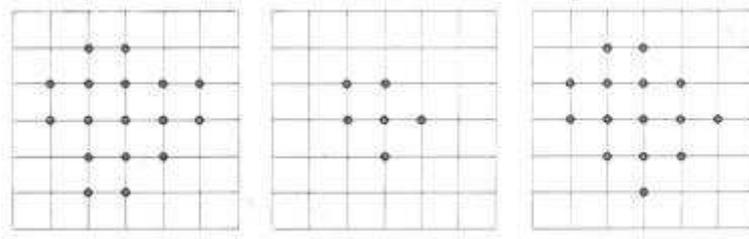


Pour obtenir des contours plus réguliers, il est possible de réaliser une succession d'érosion-dilatation c'est-à-dire qu'en partant de l'image initiale, on élimine tous les points de la forme considérée en contact en bas, en haut, à droite ou à gauche avec au moins un point n'appartenant pas à la dite forme (érosion). Seule, donc, restent les points de sa partie intérieure. Puis, on entoure chaque point frontière de la forme érodée de nouveaux points, à

⁵⁹⁷ HADWIGER H. (1957) *Vorlesung Über Inhalt, Oberfläche und Isoperimetrie*, Springer Verlag, Berlin.

droite, à gauche, en haut, en bas (dilatation).

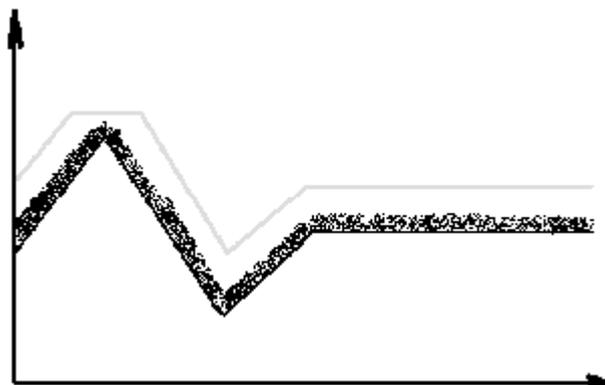
Fig. 3.23 - Image Initiale, érosion, puis dilatation.



Si on considère au lieu de données binaires, des données réelles comme les fréquentations $f_{i,j}$ préalablement définies, alors on a un relief qui varie en tout point défini par ses coordonnées (i, j) selon la valeur $f_{i,j}$, (ensemble de valeurs représentées par la matrice $[f_{i,j}]$).

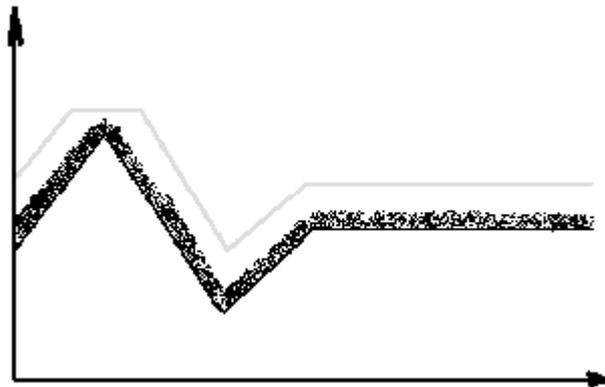
La dilatation ou l'érosion binaire peut être généralisée aux paramètres évoluant sur un éventail de données ⁵⁹⁸ comme les fréquentations $f_{i,j}$: dans la transformation d'érosion, la valeur de chaque point est remplacée par la valeur la plus basse l'entourant à moins qu'elle n'ait la valeur la plus élevée parmi tous ses voisins. La dilatation est définie de la même manière, suivant le principe qu'une dilatation d'une forme est l'érosion de son complémentaire. Appliquée à de telles données, la dilatation a tendance à élargir les vallées et à abaisser les pics.

Fig. 3.24 - En Noir: La Courbe Originale / En Gris: a courbe transformée par dilatation



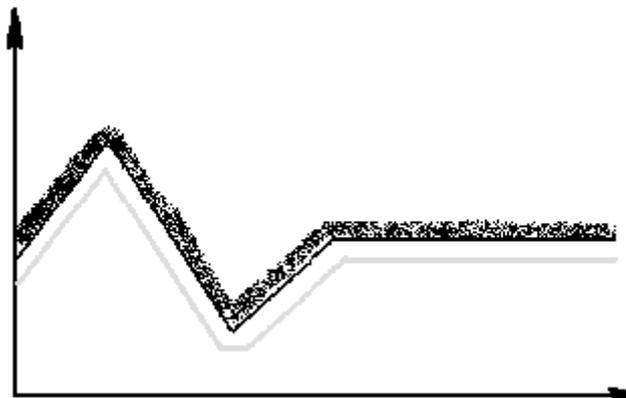
⁵⁹⁸ CHERMANT J.L. et COSTER M. (1989) *Précis d'Analyse d'Images*, Presses du CNRS.

Fig. 3.25 - En Noir: La Courbe Originale / En Gris: la courbe transformée par dilatation



Les régions à valeurs maximales ont tendance à élargir leur surface et les régions à valeurs minimales décroissent. Dans le cas de l'érosion, les vallées sont élargies et les pics sont abaissés:

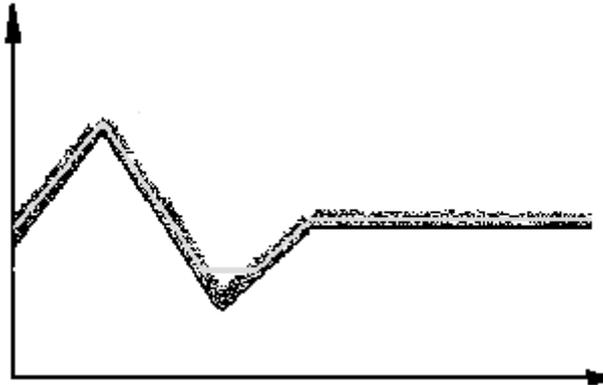
Fig. 3.26 - En Noir: La Courbe Originale / En Gris: la courbe transformée par érosion



Les régions à valeurs minimales ont tendance à élargir leur surface et les régions à valeurs maximales décroissent.

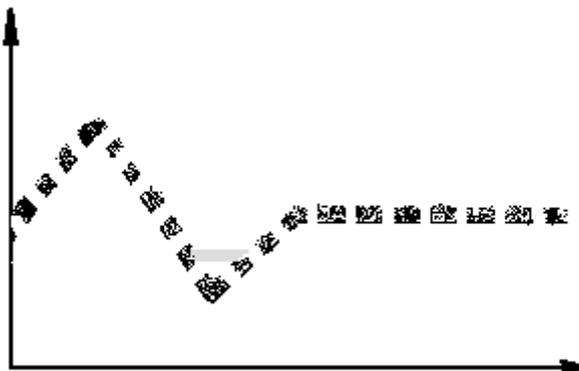
La transformation morphologique de fermeture combine la dilatation et l'érosion (remplit les vallées sans transformer les pics).

Fig. 3.27 - En Noir: la courbe originale / En Gris: la courbe transformée par fermeture



On peut citer aussi la transformation morphologique d'ouverture qui est la succession, dans cet ordre, d'une érosion et d'une dilatation de même taille. Enfin, la transformation morphologique du "chapeau haut-de-forme" est la soustraction des données de la matrice initiale $[f_{i,j}]$ aux données de la matrice fermée $[f^T_{i,j}]$. Elle constitue un filtre morphologique qui met donc en évidence les contours. Un exemple à la fin de ce paragraphe montre son utilisation pour délimiter les frontières d'une zone de chalandise.

Fig. 3.28 - En Noir: la courbe originale / En Gris: la courbe transformée par chapeau haut-de-Forme



La matrice résultat est faite de données binaires correspondant à une valeur de 1 si l'élément de matrice appartient à la frontière, et inversement à une valeur nulle.

- *Amincissement et régularisation de la frontière de la zone de chalandise*

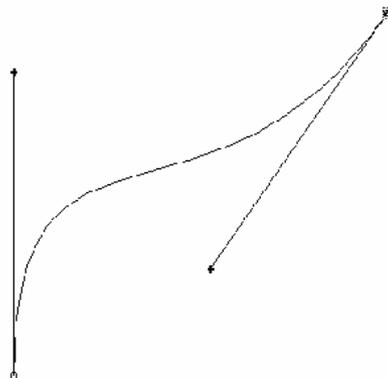
Les éléments binaires appartenant à la frontière de la zone de chalandise sont amincis. Ceci signifie que pour un ensemble d'éléments caractérisant la frontière, seul l'élément moyen représentatif de cette frontière est maintenu dans la matrice tandis que les autres éléments sont mis à 0.

Les points qui ont été calculés lors de la dernière étape sont liés par les courbes régulières de Bézier: considérons une suite de $n+1$ points du plan: $\{P_i = (x_i, y_i) \} / i = 0 \text{ to } n$, qui définit un polygone à n côtés appelés polygone de commande. On appelle approximation de Bernstein-Bézier de cet ensemble de points ⁵⁹⁹, la courbe paramétrée par:

$$p(t) = \sum_{i=0}^n \binom{n}{i} t^i (1-t)^{n-i} p_i$$

Nous avons pris $n = 3$ et obtenu des courbes dites cubiques: les courbes cubiques sont définies en utilisant quatre points, deux points situés aux deux extrémités de la courbe, et les deux autres sur les deux tangentes exerçant dans une certaine mesure une attraction sur la courbe.

Fig. 3.29 - Les 2 points et les 2 tangentes définissant une courbe de Bézier cubique



Soient t un nombre entre 0 et 1, et $p(t)$ un point non spécifié de la courbe. Lorsque t varie de 0 à 1, on obtient l'ensemble des points qui constituent la courbe. Voici les équations qui permettent de définir la courbe:

Le polynôme
$$p(t) = a_p t^3 + b_p t^2 + c_p t + p_0$$

⁵⁹⁹ LANE J.M. et RIESENFELF R.F. (janvier 1980) A Theoretical Development for the Computer Generation and display of Piecewise Polynomial Surfaces, *IEEE Trans. on PAMI*, Vol. PAMI-2, No 1, p. 35-46.

où $t \in [0, 1]$

et ses coefficients:

$$p_1 = p_0 + c_p / 3$$

$$p_2 = p_1 + (c_p + b_p) / 3$$

$$p_3 = p_0 + c_p + b_p + a_p$$

L'exemple concret suivant de délimitation morphologique reprend le cas de clients virtuels abordé au chapitre précédent avec en premier lieu une cartographie des clients associés à leurs fréquentations d'un point de vente suivi de deux filtres Nagao (voir paragraphe 2.6.2.1).

Fig. 3.30 - Adresses clients associées aux fréquentations

Fig. 3.31 - suivies de deux filtres Nagao,

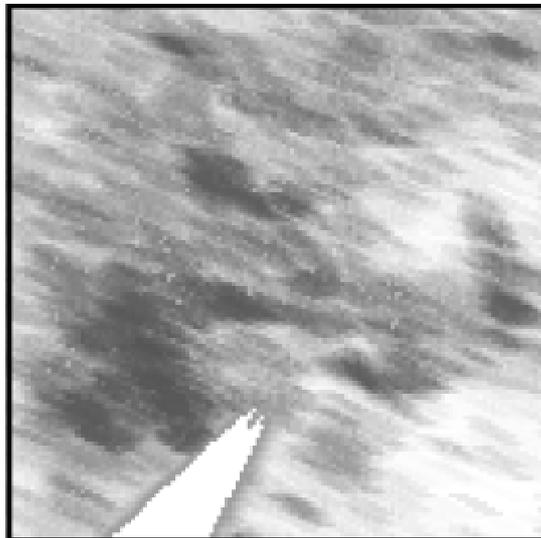
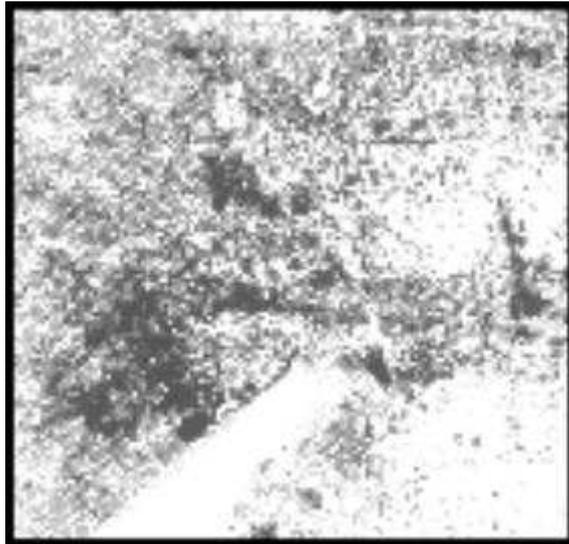


Fig. 3.32 - puis une dilatation,

Fig. 3.33 - ensuite une érosion (transformation de fermeture),

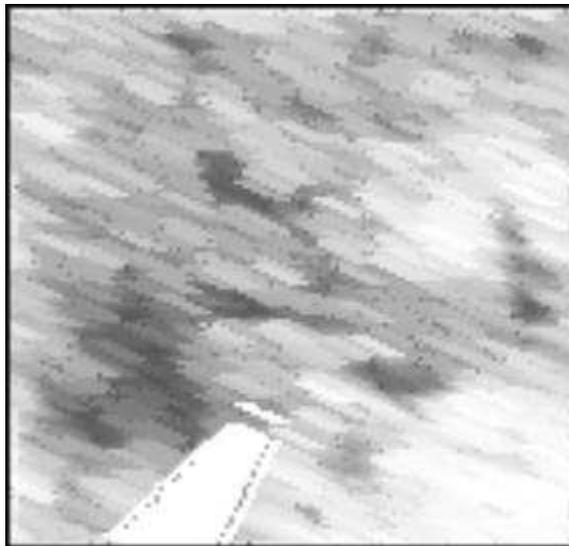
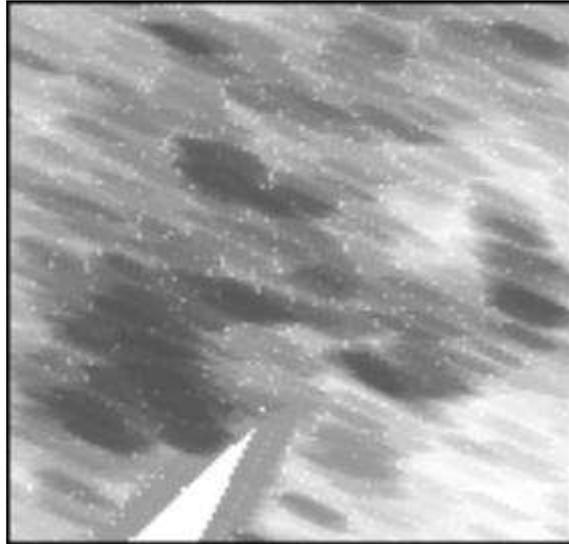


Fig. 3.34 - Une soustraction par rapport à l'image filtrée du début (transformation chapeau haut-de-forme)

Fig. 3.35 - Enfin un amincissement et une régularisation, des contours (grâce aux courbes de Bézier)





A la suite de ces délimitations de zones de chalandise, il convient de construire le modèle p-médian avant de le résoudre ce qui signifie au minimum, définir les nœuds du réseau (nœuds constitués par les centres de gravité de chacune des aires formant la zone de chalandise) et quantifier la demande associée à chaque nœud. La construction de ce réseau est ainsi l'objet de notre prochain paragraphe.

3.3 La construction du modèle p-médian : détermination des centres de gravité,

distances et pondérations du modèle p-médian

La délimitation de la zone de chalandise a mis en évidence les diverses régions de l'espace concentrant un grand nombre de clients. Pour déterminer les coordonnées des centres de gravité de ces régions (futurs nœuds du modèle) et procéder à une analyse en profondeur des caractéristiques de la clientèle (demandes du modèle), il s'agit auparavant de définir analytiquement ces régions, c'est-à-dire de préférence par les coordonnées de leurs contours. Connaître d'une manière rationnelle les frontières des régions formant la zone de chalandise nous permettra de calculer la position de leurs centres de gravité, futurs nœuds du modèle p-médian. L'autre intérêt est de déterminer l'étendue de ces régions dans lesquelles la densité de clients est forte et de même niveau, afin d'évaluer le niveau de la demande dans chacune de

ces aires (demande associée à chaque nœud du futur modèle p-médian).

Plus précisément, les frontières des régions géographiques peuvent être définies par différents types de coordonnées comme *la succession des coordonnées*, *le code de Freeman*, *le code hexagonal* ou *les points essentiels*.

- *la succession des coordonnées*

La succession des coordonnées (i, j) des points de la frontière linéique s'obtient en parcourant la frontière dans un sens ou dans l'autre. Ce codage a l'inconvénient de nécessiter un grand nombre de données (2 x Nf, où Nf est le nombre de points de la frontière).

- *le code de Freeman*⁶⁰⁰

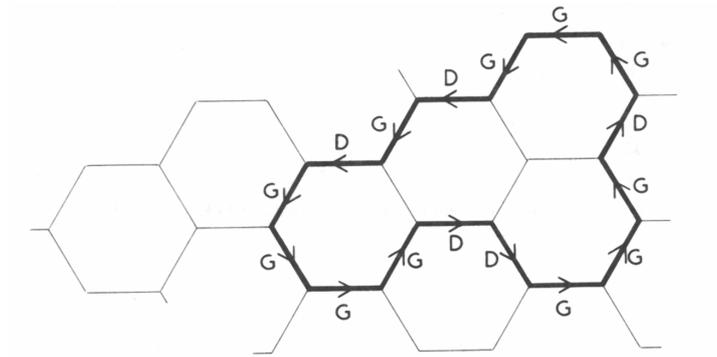
On décrit en partant d'un point de la frontière et en la parcourant dans un sens de convention, les différentes orientations prises par la courbe (vecteurs successifs), soit en général 8 orientations : N(nord), NE (nord-est), NO (nord-ouest), O (ouest), SO (sud-ouest), S (sud), SE (sud-est), E (est) ou bien avec moins de précision seulement 4 : N (nord), O (ouest), S (sud), E (est). Ce type de codage ne nécessite que Nf + 2 données distinctes (incluant les coordonnées du point de départ, chaque élément directionnel du codage n'étant représenté que par un nombre restreint de bits, 4 ou 8).

- *le code hexagonal* (dans le cas d'une matrice [de points images] hexagonale)

Le contour est décrit par le point de départ et 3 directions (comme pour le code de Freeman) mais on simplifie en n'indiquant que la direction d'orientation du segment courant par rapport au précédent en parcourant la courbe selon un sens de convention. Le nombre de bits nécessaire au codage descend à 2 et nécessite le même nombre de données distinctes que le code de Freeman.

Fig. 3.36 - Exemple de Codage Hexagonal

⁶⁰⁰ FREEMAN H. (1970) *Boundary Encoding and Processing in Picture and Processing and Psychopictorics*, Lipkin B.S. and Rosenfeld A., Academic Press, New York, p. 241-266.



G=direction gauche et D=direction droite par rapport au segment précédent

• *les points essentiels*

On cherche alors à minimiser le nombre de points de description en approximant le contour par une courbe enveloppante continue et dérivable (familles de fonctions B-splines). Ce principe est surtout utilisé dans les logiciels de CAO.

Comment connaître les coordonnées des points formant les frontières de la zone de chalandise par l'algorithme de description ?

La procédure de segmentation précédente a, comme on l'a souligné, permis d'identifier des points $P(i, j)$ connexes formant des zones d'équi-fréquence. La réunion de ces différentes zones constitue l'ensemble de la zone de chalandise. Un algorithme de description simple permet d'extraire les coordonnées de la frontière de la zone de chalandise à partir de la fonction caractéristique à l'étape précédente de délimitation. En effet, pour chaque zone de chalandise Z , on peut définir une fonction caractéristique $f_Z(i, j)$ telle que:

$$\forall P(i, j) \in Z, f_Z(i, j) = 1 \quad \text{et} \quad \forall P(i, j) \notin Z, f_Z(i, j) = 0$$

Cette fonction permet de toujours savoir si on est à l'intérieur ou à l'extérieur de la zone. On applique maintenant l'algorithme de suivi de contour:

1) On balaye la matrice $f_Z(i, j)$ de la fonction caractéristique ligne par ligne jusqu'à atteindre le point $P'(i', j')$, le plus haut de la zone Z :

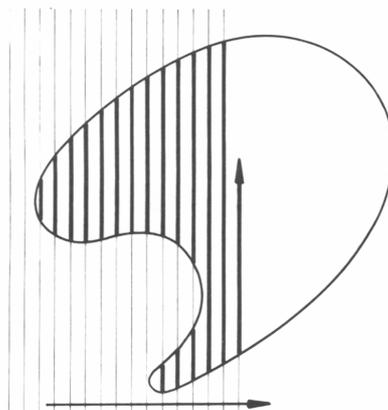
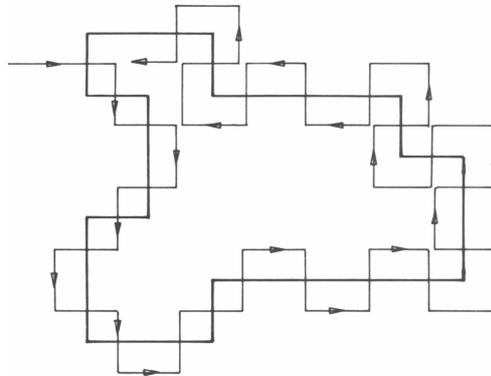


Fig. 3.37 - Exemple de parcours d'une forme à l'aide de l'algorithme destiné à extraire les coordonnées du contour

- 2) Si on est en un point situé à l'intérieur de la zone Z, $[f_Z(i, j) = 1]$, tourner à droite puis avancer d'un cran dans cette direction (d'une colonne ou d'une ligne).
- 3) Si on se trouve en un point situé à l'extérieur de la zone Z, $[f_Z(i, j) = 0]$, tourner à gauche puis avancer d'un cran dans cette direction (d'une colonne ou d'une ligne).
- 4) Interrompre l'algorithme dès que l'on atteint à nouveau le point de départ.

Fig. 3.38 - Exemple de parcours de frontière de zone de chalandise à l'aide de l'algorithme



On enregistre ainsi les directions successives prises par l'algorithme de suivi ce qui donne une description du contour sous la forme d'une chaîne ascii en codes de Freeman :

[E,S,E,S,O,S,O,S,E,S,E,N,E,N,E,S,E,N,E,S,E,N,O,N,E,N,O,S,O,N,E,N,O,S,O,N,O,S,O,N,E,N,O,S,O]

Ce codage a aussi le grand avantage de pouvoir tout de suite déterminer très simplement la surface géographique S_g de la zone de chalandise par l'algorithme suivant en supposant que la chaîne en code de Freeman s'écrive $[a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_n]$:

1) Au départ; $u = 0$ et $t = 0$

2) De $i = 1$ à n **Faire**

A) **Si** $a_i = \text{Nord}$ **Alors** $t = t + 1$ **Sinon Aller en B)**

B) **Si** $a_i = \text{Sud}$ **Alors** $u = u + t$ **Sinon Aller en C)**

C) **Si** $a_i = \text{Ouest}$ **Alors** $t = t - 1$ **Sinon Aller en D)**

D) Si $a_i = \text{Est}$ **Alors** $u = u - t$

3) $S_g = u \times S$

où la *valeur du paramètre u* à la fin de la procédure est le nombre de points contenus dans la zone de chalandise considérée, t un paramètre de comptage et S la superficie géographique unitaire d'un point.

Comment calculer les coordonnées des centres de gravité des aires de chalandise ?

Les coordonnées des contours des aires délimitées vont nous permettre d'accéder simplement aux coordonnées des centres de gravité des différentes aires constitutives de la zone de chalandise globale. Le repérage de ces centres de gravité correspondant aux futurs nœuds du modèle p-médian dans notre algorithme, donnera aussi par un simple calcul de longueur, les distances de chaque segment du réseau (de plus, si la zone de chalandise est très fragmentée et pas du tout rassemblée, la moyenne des distances entre les centres de gravité fournira une mesure de l'éloignement des nœuds). Une question basique que l'on peut se poser est de savoir pourquoi, dans la recherche d'une localisation optimale unique à partir de l'adresses de clients, on ne procéderait pas directement au calcul du centre de gravité (localisation moyenne) par rapport à ces mêmes clients pour choisir un emplacement bien centré de son futur site. Considérons la cartographie suivante qui montre un ensemble de clients potentiels représentés par des points (voir figure 3.39). Le centre de gravité de la totalité des clients est au point J, en pleine campagne. On remarque que J est très éloigné de l'ensemble majoritaire des clients de l'agglomération rassemblés dans le cercle et donc du potentiel commercial le plus intéressant.

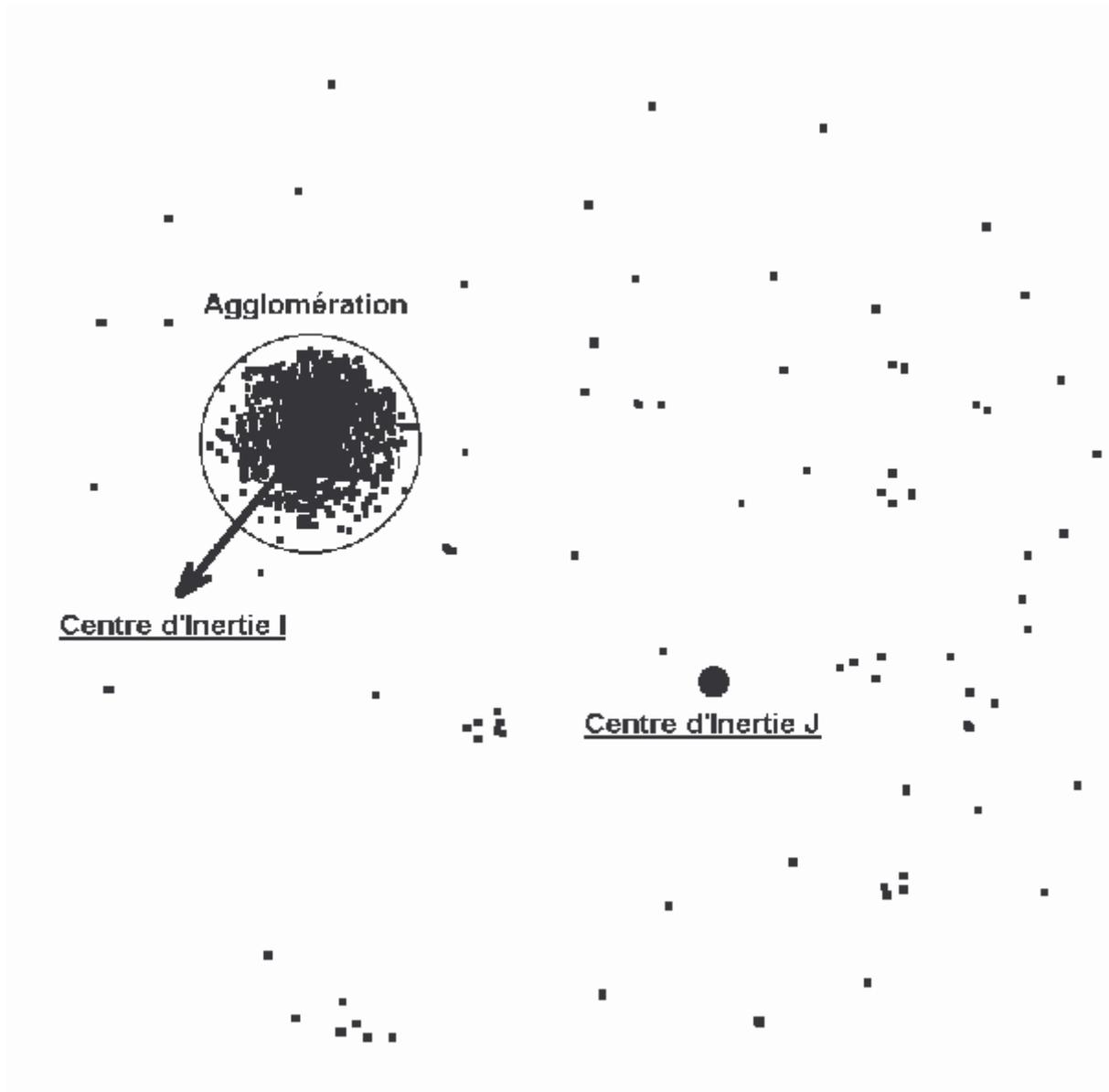


Fig. 3.39 - Ensemble de clients potentiels représentés par des points

Le fait de pratiquer un filtrage, par exemple médian, et de délimiter la zone de chalandise (zone dense de clients) permet de ne prendre en compte que les régions ayant un potentiel commercial suffisant. L'analyse de localisation fait donc abstraction de tous les clients "saupoudrés" dans l'espace et dont la prise en compte risque de perturber les calculs. On voit sur la cartographie suivante la zone de chalandise principale délimitée par filtrage: le centre de gravité est bien centré sur cette zone à potentiel et non plus décalé en pleine campagne (voir figure 3.40).

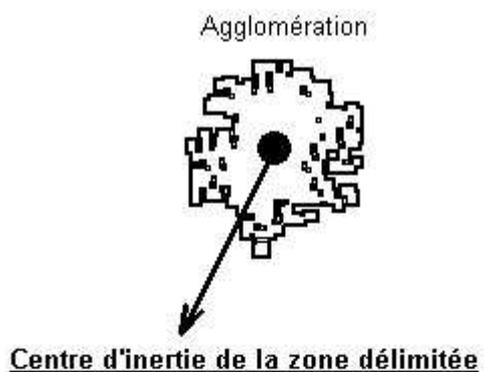


Fig. 3.40 - Centre de gravité d'une zone de chalandise délimitée

Le centre de gravité convient donc bien pour représenter la position moyenne d'une entité dans l'espace en l'occurrence ici la position de l'agglomération (centre d'un futur nœud du p-médian), mais celui-ci n'est pas compatible avec les contraintes du modèle p-médian pour déterminer une localisation optimale. D'autre part, au niveau régional ou national, il est plus significatif de comparer entre eux les centres de gravité des aires mises en évidence par le processus de délimitation que les centres de gravité calculés sur l'ensemble des points appartenant aux aires (localisation moyenne des clients). Le centre de gravité d'une aire est en effet théoriquement le point à partir duquel on parcourt la distance la plus courte en moyenne

pour l'atteindre à partir de tous les autres points de l'aire (point le plus accessible). L'aire est, on le rappelle, constituée d'une masse de clients de densité homogène obtenue par lissage (filtrage). Le centre de gravité de l'aire qui circonscrit l'ensemble des clients ne correspond pas forcément à la moyenne des localisations des clients (voir figure 3.41). Prendre un tel centre de gravité des adresses des clients au lieu de celui de la surface de l'aire totale revient aussi à ne pas tenir compte de ce lissage destiné à éliminer une partie des erreurs d'enquête (adresses manquantes ou fausses adresses, clients ayant déménagé).

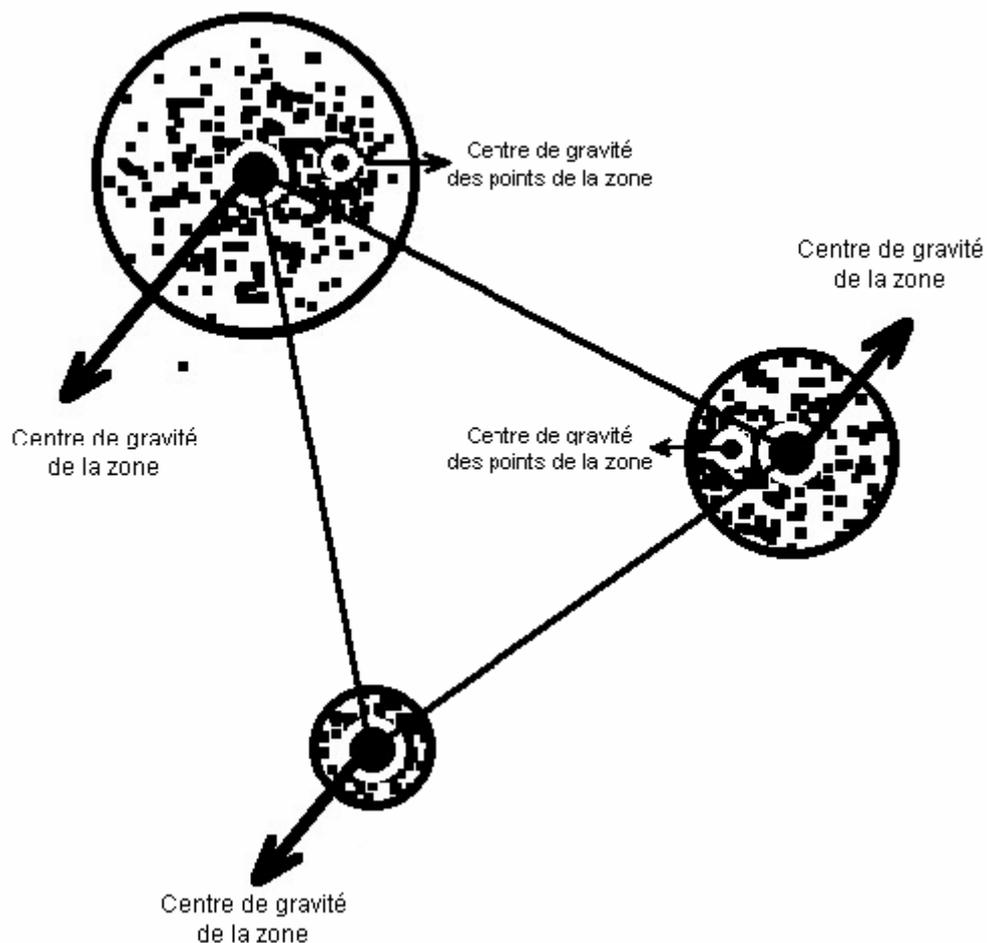


Fig. 3.41 - Les centres des aires et ceux des points appartenant à ces mêmes aires

Le centre de gravité des aires est également très intéressant dans le cas de desserte de transport interurbaine qu'il s'agisse de transport de voyageurs (gare SnCF ou gare routière) ou de transport de marchandises (entrepôt) : on cherche en effet le point le plus central possible

au sein d'une aire pour implanter un entrepôt destiné à recevoir des marchandises de gros, entrepôt à partir duquel on effectuera des livraisons au détail vers des clients situés en périphérie de ce centre local de distribution.

Le repérage du centre de gravité au niveau global sur un ensemble d'adresses clients ne permet d'obtenir qu'une position moyenne pour une localisation sans tenir compte des barrières naturelles ou des sites géographiquement inaccessibles. En outre, cette méthode est complètement inadaptée à la recherche de localisations multiples.

Ayant déterminé précédemment les coordonnées des points décrivant la frontière de la zone de chalandise, les coordonnées de son centre de gravité seront tout simplement la moyenne des coordonnées de ces points de contour.

Cependant, d'une manière plus générale, le centre de gravité G d'une zone Z composée de n points clients P_1, \dots, P_n auxquels sont affectées des fréquentations (ou une demande) f_1, \dots, f_n est tel que :

$$\sum_{u=1}^n [f_u \times GP_u] = 0$$

Considérons la fonction caractéristique $f_Z(i, j)$ de la zone de chalandise Z, préalablement définie par:

$$\forall P(i, j) \in Z, f_Z(i, j) = 1 \quad \text{et} \quad \forall P(i, j) \notin Z, f_Z(i, j) = 0$$

Pour déterminer G le plus simplement possible sur un espace de valeurs discrètes, l'expression de la fréquentation étant alors sous la forme $f(i, j)$ pour un point P de coordonnées $P(i, j)$, on utilisera la relation:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^p [f_Z(i, j) \times f(i, j) \times GP_{ij}] = 0$$

Avec m, le nombre de lignes de la matrice des fréquentations associées à l'espace géographique 2D considéré et p son nombre de colonnes.

A noter que comme dans chaque aire, la fréquentation est environ la même ($f(i, j) =$

constante), l'équation précédente se réduit à:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^p [f_z(i, j) \times GP_{ij}] = 0$$

Comment déterminer les distances entre les nœuds du modèle p-médian ?

Les distances des segments du modèle p-médian reliant nœuds ou centres de gravité des zones sont calculées soit en utilisant la distance euclidienne classique, soit en déterminant les distances routières ou temps de parcours (par exemple à l'aide d'un logiciel comme AutorouteExpress de Microsoft), soit encore en utilisant la notion de distance psychologique ($d_{ij} - n_j$) introduite dans un modèle p-médian "généralisé" (voir § 2.3.1).

Comment déterminer le niveau de la demande associé à chaque nœud ?

Cette même fonction caractéristique permet en outre de fournir les propriétés marketing ou socio-économiques liées aux zones et donc d'obtenir le niveau de demande dans chaque zone (demandes dans le modèle p-médian pondéré): soit V une variable dont la valeur évolue dans l'espace total de la zone de chalandise. V est donc fonction du point P(i,j) de l'espace géographique et s'écrit V(i,j). La variable V peut être simplement le chiffre d'affaires escompté dans la zone pour un produit ou un service spécifique (niveau de la demande), une variable socio-économique (taux de possession d'un véhicule, PCS, pouvoir d'achat moyen), une mesure de la contribution locale à la performance (fréquentation comme dans l'exemple qui suit, chiffre d'affaires ou bénéfices perçus par des clients en P(i,j)), un paramètre environnemental (densité de la concurrence en P, places de parking, circulation automobile),... Pour connaître la valeur de V à l'intérieur d'une zone soit en somme, soit en moyenne, on utilise encore la fonction caractéristique $f_z(i, j)$. Pour une variable V(i, j) à sommer comme par exemple le nombre de places de parking dans la zone Z ou le chiffre d'affaires tiré de la zone Z, on aura V_z , la somme des V(i, j) sur l'ensemble de la zone Z comme étant:

$$V_z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^p [f_z(i, j) \times V(i, j)]$$

Pour une variable $V(i, j)$ à étudier en valeur moyenne comme par exemple le pouvoir d'achat moyen dans la zone Z , on aura pour expression de V_z , la moyenne des $V(i, j)$ sur l'ensemble de la zone Z :

$$V_z = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^p [f_z(i, j) \times V(i, j)]}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^p [f_z(i, j)]}$$

Considérons la variable $N(i, j)$ représentant le nombre de clients en chaque point $P(i, j)$. Alors le pourcentage de clients contenu dans la zone de chalandise à forte densité de clientèle par rapport au nombre de clients total, est donné par:

$$\frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^p [f_z(i, j) \times N(i, j)]}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^p [N(i, j)]} \times 100$$

Si la zone de chalandise Z est morcelée en plusieurs aires Z_1, \dots, Z_h , il suffit de faire le calcul sur chaque région et de sommer pour avoir le pourcentage total, une alternative étant de définir la fonction caractéristique réunissant toutes ces régions.

3.4 Approches stratégiques de la localisation

Les techniques de localisation peuvent être introduites pour élaborer de véritables stratégies de développement au niveau de réseaux de magasins. Dans un contexte favorable et avec à l'esprit une stratégie spatiale bien définie, un réseau de distribution en croissance cherchera à s'étendre par addition de nouveaux points de vente⁶⁰¹. La recherche de croissance par simple accroissement de la surface commerciale de magasins existants est en effet bien vite limitée et

⁶⁰¹ MERCURIO J. (1984) Store Location Strategies, dans *Store Location and Store Assessment Research* cité par CLIQUET G. dans *Valeur Spatiale des Réseaux et Stratégies d'Acquisition des Firmes de Distribution*, in *Valeur, Marché et Organisation*, Ed. J-P. Brechet, Presses Académiques de l'Ouest.

modifie d'autre part le concept initial et éventuellement porteur du magasin dont la taille est l'un des éléments. Outre un pouvoir de négociation accru vis-à-vis des producteurs, une extension d'un réseau de points de vente apporte une meilleure couverture géographique. Cette couverture géographique est en effet importante car, agissant comme un phare, elle permet aux consommateurs de repérer leur enseigne en tous points du territoire et les producteurs de voir en elle un moyen d'écouler en plus grandes quantités leurs produits et de réaliser des bénéfices accrus. Cliquet a effectué un état de l'art des différents types de stratégies spatiales et de leur classification⁶⁰². Six stratégies principales sont offertes aux distributeurs pour croître, dont les trois premières seulement mettent en scène la problématique de localisation spatiale⁶⁰³:

- 1) Conquérir de nouvelles aires de marché par ouvertures de nouveaux points de vente, mais en conservant l'assortiment existant. Ce scénario augmente la couverture spatiale du réseau,
- 2) Etendre son réseau dans des aires de marché déjà occupées toujours en conservant son choix de marchandises,
- 3) Conquérir de nouvelles aires de marché en ouvrant et en diversifiant ses nouveaux points de vente avec un nouvel assortiment,
- 4) Ouvrir de nouveaux points de vente avec de nouvelles marchandises, mais sur des aires de marché déjà conquises,
- 5) Augmenter sa part de marché avec les mêmes points de vente et le même assortiment,
- 6) Diversification en améliorant l'assortiment dans des points de vente existants.

La conquête de nouvelles aires est susceptible de se réaliser par contagion, les points de vente s'implantent alors sur un large front ou bien par diffusion hiérarchique ou par stratégie de tête

⁶⁰² CLIQUET G. (1998) Valeur Spatiale des Réseaux et Stratégies d'Acquisition des Firmes de Distribution, in *Valeur, Marché et Organisation*, Ed. J-P. Brechet, Presses Académiques de l'Ouest.

⁶⁰³ GHOSH A. et McLAFFERTY S. (1987) *Location Strategies for Retail and Service Firms*, Lexington Books, p.10.

de pont⁶⁰⁴. Les points de vente s'implantent alors dans les villes principales puis dans les villes de moindre importance comme le décrit la théorie des places centrales⁶⁰⁵. Par analogie avec le monde animal, un autre classement des types de stratégies distingue l'*évitement* dans l'esprit du principe de différenciation minimale de Hotelling (voir § 2.1.4) qui consiste à s'installer loin des concurrents, la *recherche de concurrents* et en particulier la *prédation* qui au contraire recherche l'affrontement souvent par une guerre des prix en visant la proximité des concurrents⁶⁰⁶. Davidson, Sweeney et Stampfl utilisent la méthode d'analyse de portefeuille (décrite par certains auteurs - voir § 2.2.3) en croisant les décisions sur les points de vente, sur les aires de marché et sur les segments de consommateurs à privilégier et dégagent trois grandes catégories de stratégies⁶⁰⁷ :

1) *la stratégie d'expansion de marché*, par contagion, établissement de têtes de ponts, constitution de grappes et recyclage de sites et l'acquisition de sites concurrents ;

2) *la stratégie de remplissage* : on conforte les positions acquises en agrandissant les points de vente, en conquérant des marchés secondaires et également comme précédemment, en prenant le contrôle de sites concurrents ;

3) *le downsizing* : les performances sont améliorées en réorganisant le réseau par la fermeture des points de vente à la traîne et en en relocalisant d'autres ainsi qu'en revoyant le mix produit.

Le choix d'une stratégie spatiale particulière est dicté par le niveau d'ambition du réseau qui, si elle est internationale ou même nationale, nécessite l'établissement de têtes de pont avec éventuellement des hiérarchies d'implantation à respecter. Un niveau d'ambition modeste avec une volonté régionale uniquement ne nécessitera qu'une stratégie de diffusion par contagion.

D'une manière générale, les stratégies spatiales se découpent simplement en deux grandes

⁶⁰⁴ LAULAJAINEN R. (1987) *Spatial Strategies in Retailing*, Dordrecht, Holland, Reidel.

⁶⁰⁵ CHRISTALLER W. (1935) *Die Zentralen Orte in Süddeutschland*, G.Fischer, Germany, Jena.

⁶⁰⁶ BROWN S. (1992) *Retail Location : A Micro-Scale Perspective*, Aldershot : Avebury, p.170-171

⁶⁰⁷ DAVIDSON W.R., SWEENEY D.J. et STAMPFL R.W. (1988) *Retailing Management*, 6th Ed., New York : Wiley, cité par Cliquet G. dans *Valeur Spatiale des Réseaux et Stratégies d'Acquisition des Firmes de Distribution*, in *Valeur, Marché et Organisation*, Ed. J-P. Brechet, Presses Académiques de l'Ouest, p.234.

catégories, les stratégies de développement externe où le développement passe par l'absorption d'autres chaînes ou par la coopération avec les concurrents pour l'ouverture de centrales d'achat ou de référencements communs et d'un autre côté, les stratégies de développement interne⁶⁰⁸.

Cette variété de stratégies peut s'observer effectivement sur le terrain. Le centre d'étude de l'activité commerciale (Centre for the Study of Commercial Activity) au Canada a réalisé une étude à l'été 2000 sur les orientations stratégiques pressenties auprès d'un échantillon de 475 décideurs, en majorité présidents et directeurs généraux appartenant à 226 réseaux de distribution canadien⁶⁰⁹ représentant 32000 points de vente de l'alimentation, l'habillement, de l'équipement ménager et de grands magasins plus généralement (voir figure ci-dessous). Arrivent en tête des décisions que ces responsables envisagent pour environ 80 % d'entre eux, la modernisation et la rénovation des points de vente (*refurnishment*), la relocalisation (*relocation*) puis l'extension des réseaux de distribution et de façon moindre le changement d'enseigne. L'extension du réseau de points de vente est envisagée en majorité par l'ouverture de nouvelles surfaces pour 74 % des décideurs (opening an established format) ou de façon accessoire par l'acquisition d'un groupe de points de vente appartenant à un autre réseau pour 35 % d'entre eux. Enfin, 10 % des décideurs pensent à fermer des points de vente.

⁶⁰⁸ CLIQUET G. (1998) Valeur Spatiale des Réseaux et Stratégies d'Acquisition des Firmes de Distribution, in *Valeur, Marché et Organisation*, Ed. J-P. Brechet, Presses Académiques de l'Ouest.

⁶⁰⁹ HERNADEZ T., BIASIOTTO M. (2001) The Survey of Corporate Planning : Summary Findings, Research Letter 2001-2, Centre for the Study of Commercial Activity, p.1-8.

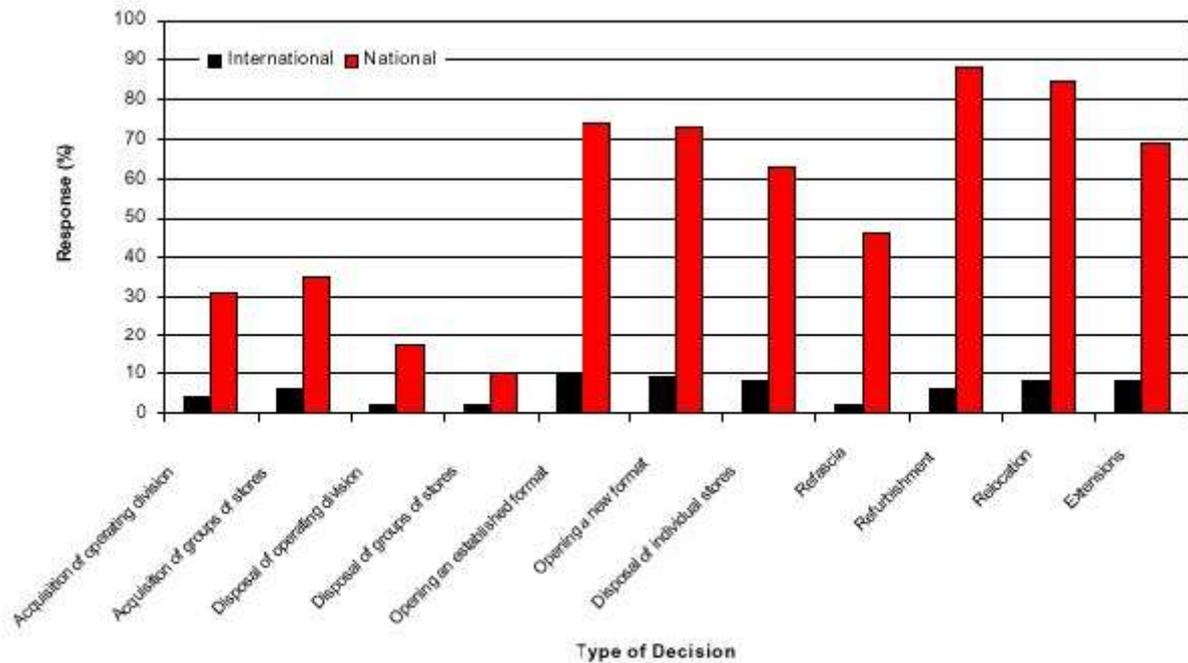


Fig. 3.42 - Type de Décisions prise par les décideurs dans un avenir proche pour leur réseau de distribution⁶¹⁰

Cette enquête a montré également que 40 décisions impliquant la notion de localisation étaient prises par an dans chaque réseau comptant en moyenne 437 magasins.

Les décisions impliquant la localisation des points de vente tournent d'une manière générale autour de:

- la création pure d'un réseau de points de vente ;
- l'extension d'un réseau par création de nouveaux points de vente ;
- l'extension d'un réseau par acquisition de points de vente concurrents ;
- la relocalisation de points de vente ;
- la suppression de points de vente.

Ces décisions ne sont pas, comme on l'a vu, forcément contradictoires entre elles. On peut par exemple envisager l'extension d'un réseau tout en supprimant certains points de vente et en relocalisant d'autres. D'autre part, nous avons vu en introduction que les réseaux peuvent adopter une organisation différente, en franchises pour bénéficier d'une réactivité plus élevée

⁶¹⁰ HERNADEZ T., BIASIOTTO M. (2001) The Survey of Corporate Planning : Summary Findings, Research Letter 2001-2, Centre for the Study of Commercial Activity, p.2.

et une connaissance du marché plus fine au niveau local^{611 612}, en succursales pour asseoir le contrôle du franchiseur sur son réseau ou bien sous forme mixte associant les deux types d'établissements. Cette dernière forme d'organisation présente un intérêt indéniable pour accroître la souplesse stratégique de l'ensemble pour faciliter l'acquisition de nouveaux points de vente en proposant aux propriétaires différentes formules de rachat ou de franchise ainsi que pour animer le réseau en bénéficiant des efforts d'innovation et de promotion des deux catégories d'établissements commerciaux⁶¹³. Le point important qui nous concerne est surtout que cette organisation mixte permet de trouver un compromis entre le développement du réseau et l'assimilation du concept du groupe. Ainsi, le développement du réseau peut se faire assez rapidement et à moindre prix par la création de franchises alors que les filiales plus sous contrôle permettent de mailler le territoire tout en assimilant graduellement le concept. Le choix de tel ou tel type d'organisation dépend plus des vues stratégiques du manager et de l'activité commerciale considérée. La méthode associant modèle p-médian et traitement du signal pourra, après avoir délimité la zone de chalandise, spécifier la localisation idéale des points de vente et hiérarchiser l'intérêt des différents sites. Mais, ce n'est qu'au cas par cas et selon les moyens financiers du groupe que l'on pourra décider de la configuration en succursalisme, franchise ou de bâtir un réseau mixte. Sans doute, les sites sans trop de risques liés à la concurrence ou à l'environnement, établis depuis longue date et qui peuvent ainsi contribuer majoritairement à l'amélioration des résultats financiers tout en structurant le réseau, bénéficieront plus facilement de la structure en succursales ce qui leur permettra d'assimiler plus aisément l'identité du groupe. Une identité commune au réseau facilite et fluidifie en effet les efforts de promotion et de communication vis-à-vis de l'extérieur. Elle

⁶¹¹ BRICKLEY J.A., DARK F.H. (1987) The Choice of Organizational Form : The Case of Franchising, *Journal of Financial Economics*, 18, 401-20.

⁶¹² CAVES R.E. , MURPHY II W.F. (1976) Franchising : Firms, Markets, and Intangible Assets, *Southern Economic Journal*, 42, 572-86.

⁶¹³ CLIQUET G. (2000) Plural Form in Store Networks : A Model for Store Network Evolution, *The International Review of Retail, Distribution and Consumer Research*, vol. 10, n°4, pp 369-387.

constitue en quelque sorte un signe de ralliement pour une masse de clients fidèles ou potentiels qui chercheront alors à fréquenter les points de vente du réseau où qu'ils soient. La structure en franchise conviendrait sans doute mieux à des implantations récentes, plus risquées où il s'agit d'avoir une grande capacité d'innovation pour s'adapter au marché local. Les managers des franchises à l'esprit entrepreneurial, sans doute plus motivés car plus responsables de leur affaire, défricheront en pionniers les territoires non encore conquis et plus en proie à la concurrence. Une plus grande marge de manœuvre dans le marketing et la gestion souple quotidienne du point de vente leur sera nécessaire pour conforter la position du groupe dans ces régions. A plus long terme, ces franchises pourront éventuellement être converties en succursales de manière à renforcer globalement le concept du groupe et pour transformer une simple chaîne de points de vente en *"un dispositif de forme éclatée permettant de mettre en œuvre simultanément en plusieurs endroits un ensemble d'actions avec une adaptation souple sur le terrain"*⁶¹⁴.

L'ouverture ou la réorganisation d'une chaîne de points de vente est un art difficile qui consiste, comme on l'a vu, à choisir au mieux le nombre et la localisation des magasins ainsi que leur type d'organisation (en succursales, en franchises ou mixte). Mais une stratégie d'implantation peut être beaucoup plus élaborée, sans se limiter à ces deux paramètres. Ainsi, faut-il par exemple ouvrir tous les points de vente en même temps ou bien adopter un ordre séquentiel de création judicieusement conçu ? Nous avons d'autre part sous-entendu lors de la construction du modèle p-médian précédent, que les points de vente devaient se situer au plus proche des clients, d'autres paramètres liés à la notion de distance méritent d'être examinés. Certes le modèle p-médian peut incorporer un coût d'ouverture des activités en chacun des différents nœuds du réseau correspondant. Mais d'un autre côté, les modèles de localisation-allocation prennent d'une manière générale l'hypothèse, on l'a dit au début de cet exposé, que

⁶¹⁴ BOULANGER P., PERELMAN G. (1990) Le réseau et l'Infini, Nathan, Paris, Cité par Cliquet G. dans CLIQUET G. (2000) Plural Form in Store Networks : A Model for Store Network Evolution, *The International Review of Retail, Distribution and Consumer Research*, vol. 10, n°4, pp 369-387.

le futur site du point de vente que l'on cherche à implanter devra se situer au plus près de clients potentiels. Une manière d'aborder le problème consiste à localiser ses points de vente non seulement par rapport aux clients, mais aussi par rapport à la concurrence. La stratégie d'évitement ⁶¹⁵ décrite précédemment privilégiera dans les choix de localisation les zones encore peu exploitées par la concurrence. Sur le plan stratégique, on se situe alors dans la première étape du principe de différenciation minimale correspondant à la phase primaire d'implantation d'une activité dans un territoire vierge de concurrence (*voir §2.1.4*). Notre méthode est tout à fait apte à cerner de telles régions qui, si elles s'avèrent comporter un fort potentiel de clients, constituent des mines d'or sur le plan commercial. S'installer en un lieu à la fois riche en clientèle et dépourvu de concurrence est un avantage stratégique indéniable que les compétiteurs surmonteront sans doute (phase 2 du principe de différenciation minimale⁶¹⁶), mais au bout seulement d'un certain temps. Nous nous proposons de décrire dans le prochain paragraphe comment développer cette stratégie d'évitement à partir de la méthode associant traitement du signal et modèle p-médian.

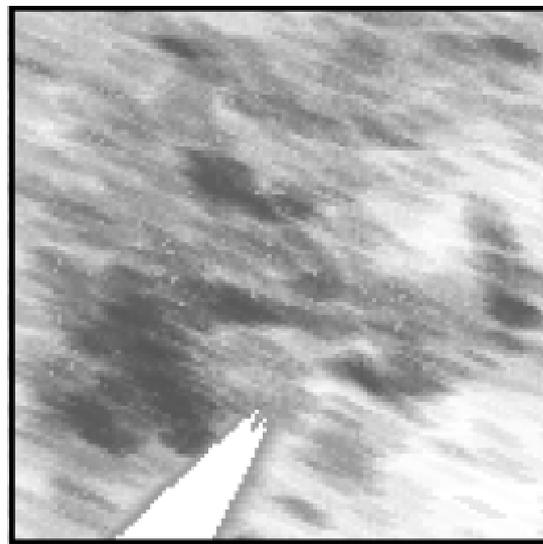
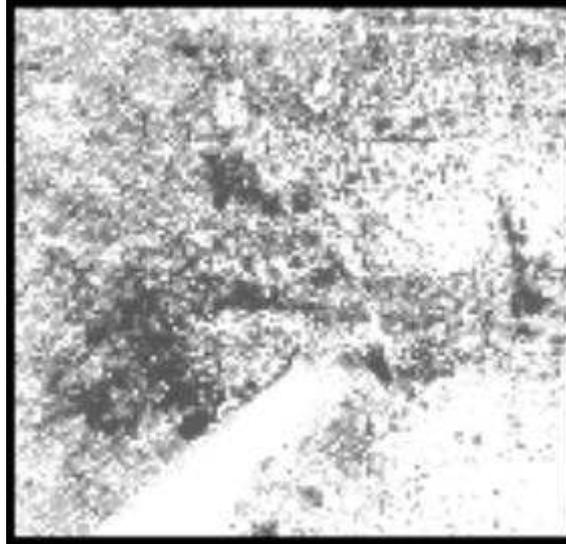
3.4.1 La stratégie d'évitement ou rechercher les zones non exploitées par la concurrence

Considérons l'exemple où la première carte représente cette fois l'ensemble de ces magasins associés à leur chiffre d'affaires sur un territoire vaste (région, pays) et que la deuxième représente la même cartographie mais filtrée par deux filtres Nagao :

⁶¹⁵ BROWN S. (1992) *Retail Location : A Micro-Scale Perspective*, Aldershot : Avebury, p.170-171

⁶¹⁶ Source : BROWN S. (1992) *Retail Location : A Micro-scale Perspective*, Ashgate, England.

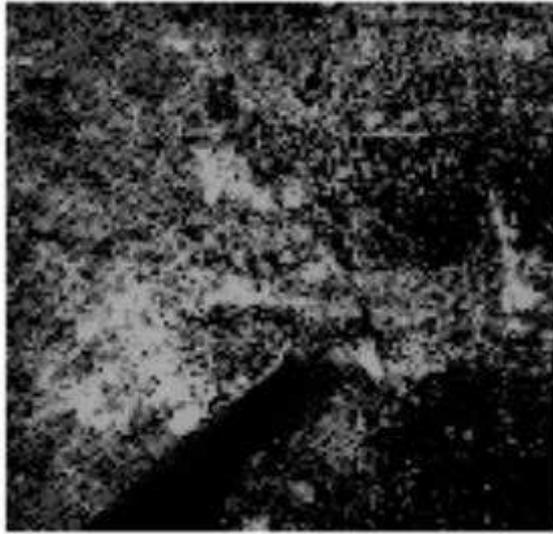
Fig. 3.43- Adresses de magasins associées à leur chiffre d'affaires, Fig. 3.44 - suivies de deux filtres Nagao



Dans ce cas, pour trouver la localisation la plus éloignée et remplir les trous ou interstices de zones non encore exploitées, il suffira de considérer la cartographie "inverse" (c'est-à-dire celle obtenue en prenant pour nouvelle valeur en chaque point la valeur maximale représentée retranchée de la valeur actuelle du point: $V_{\max} - V_{\text{actuelle}} = V_{\text{nouvelle valeur}}$). On obtient alors en reprenant l'exemple précédent les figures 3.45 et 3.46 :

Fig. 3.45 - Cartographie inverse,

Fig. 3.46 - Cartographie inverse filtrée par deux filtres Nagao



En procédant à une délimitation par transformation morphologique, on obtient la figure 3.47 :

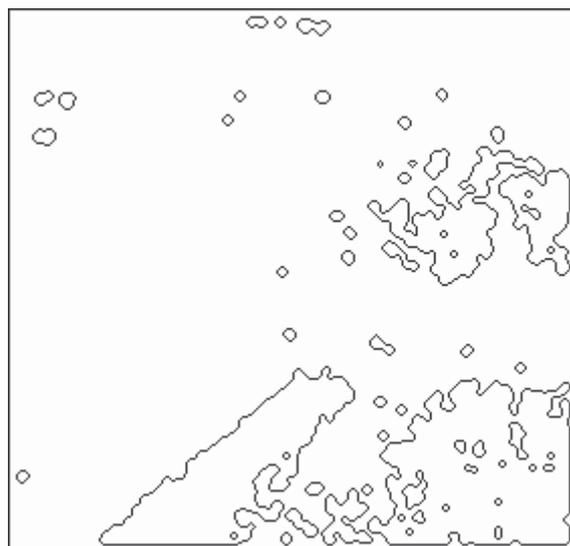


Fig. 3.47 - Délimitation des zones vides de concurrence

Les zones vides où la concurrence est rare sont bien délimitées. Il faut néanmoins prendre garde aux effets de bords: la cartographie, mal ajustée, a ici coupé des zones vides en limite de représentation ce qui fait que celles-ci sont limitées par des segments rectilignes (voir dessin ci-dessus). D'autre part, certaines zones vides d'activités (ou à faible nombre d'activités) ne correspondent peut-être pas à des zones d'implantation possibles pour un point de vente mais à des barrières naturelles (bois, lac, rivière, aéroport) qu'il s'agit d'identifier. Cette dernière approche reprend en fait la théorie des secteurs proximaux (voir § 2.1.1) qui cherchait à cibler les lacunes spatiales au niveau desquelles résident des opportunités d'implantation (zones dépourvues de concurrence). Dans cette perspective, il est intéressant de comparer les deux approches à savoir la délimitation des zones de chalandise (à forte densité de clients) et la délimitation de zones vides (à faible densité de concurrents) pour sélectionner les régions cumulant les deux avantages.

3.4.2 La recherche de concurrents ou la prédation

Certaines activités ont cependant au contraire tendance à se regrouper pour augmenter leur pouvoir d'attractivité dans une stratégie de recherche de concurrents ou pour se lancer dans un affrontement direct par exemple à travers une guerre des prix dans l'optique d'une stratégie de prédation^{617 618 619}. Il sera alors intéressant de délimiter les zones de chalandise de clients potentiels pour rechercher les emplacements qui leur sont les plus proches et en parallèle, de délimiter les zones d'implantations de concurrents pour également détecter les régions géographiques où ceux-ci ont tendance à se concentrer pour également s'en rapprocher le plus possible. La démarche cherchera alors à être à la fois proche des clients et proche des concurrents en procédant à une délimitation à la fois des zones de chalandise et des zones commerciales du secteur. Dans la pratique cependant, au niveau local, les concurrents ne sont

⁶¹⁷ HOTELLING H. (1929) Stability in Competition, *The Economic Journal*, vol. 39, p. 41-57.

⁶¹⁸ DELOZIER M.W. et LEWISON D.M. (1986) *Retailing*, 2nd ed., Merrill.

⁶¹⁹ BROWN S. (1992) Retail Location : A Micro-Scale Perspective, Aldershot : Avebury, p.170-171

pas en général suffisamment nombreux pour pouvoir clairement définir par traitement du signal les zones de leur implantation. On cherchera, dans ce cas, à sélectionner par simple examen les emplacements de préférence à proximité des regroupements de concurrents.

L'identification des zones de concurrence peut être intéressante dans le cadre d'une stratégie de recherche de concurrents parfois aussi car ces zones d'implantation sont révélatrices d'une activité florissante du secteur et sont donc porteuses commercialement. C'est en particulier le cas dans la filière du tourisme (hébergement, restauration, centres de loisirs). Par exemple, un terrain de camping souhaitant accueillir une clientèle de touristes n'aura pas intérêt à s'installer dans les régions à fortes populations puisque durant les saisons touristiques, celles-ci migrent vers d'autres lieux. Géocoder les implantations de campings et délimiter leurs régions d'installation comme nous l'avons fait ci-dessous, paraît dans ce cas assez intéressant. La même procédure s'appliquerait pour une stratégie de prédation.

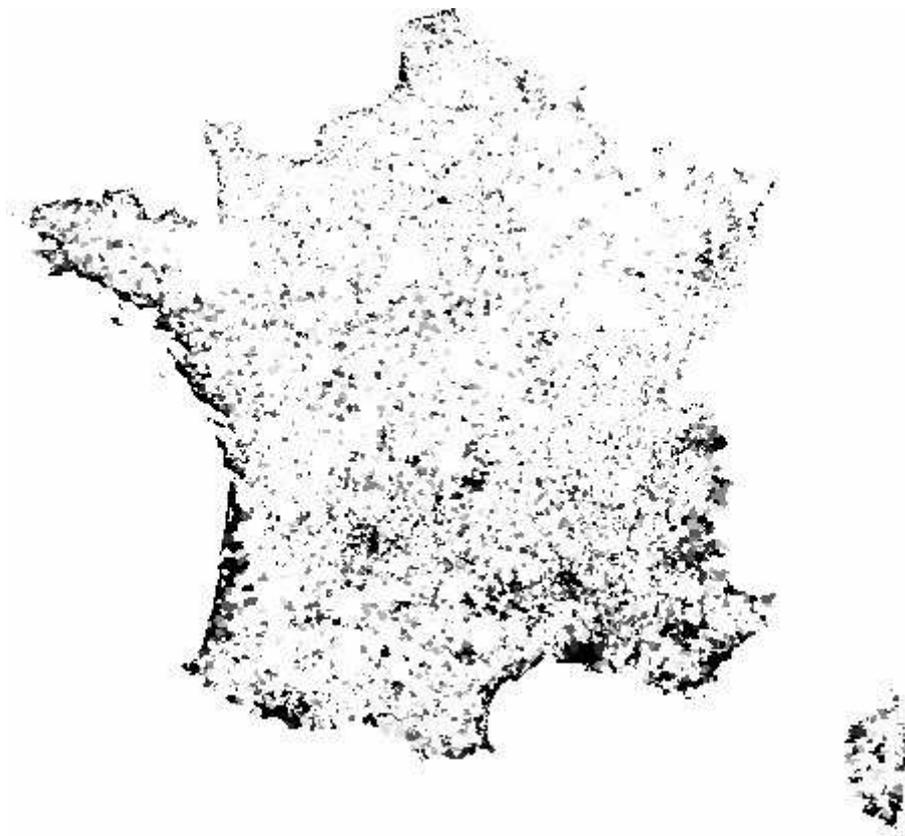


Fig. 3.48 - Représentation des campings sur le territoire national par des points
*Source des données : CD Stratégie & Localisation de J.Baray et Société Artique
Géocodage par Logiciel Carte & Données d'Artique*

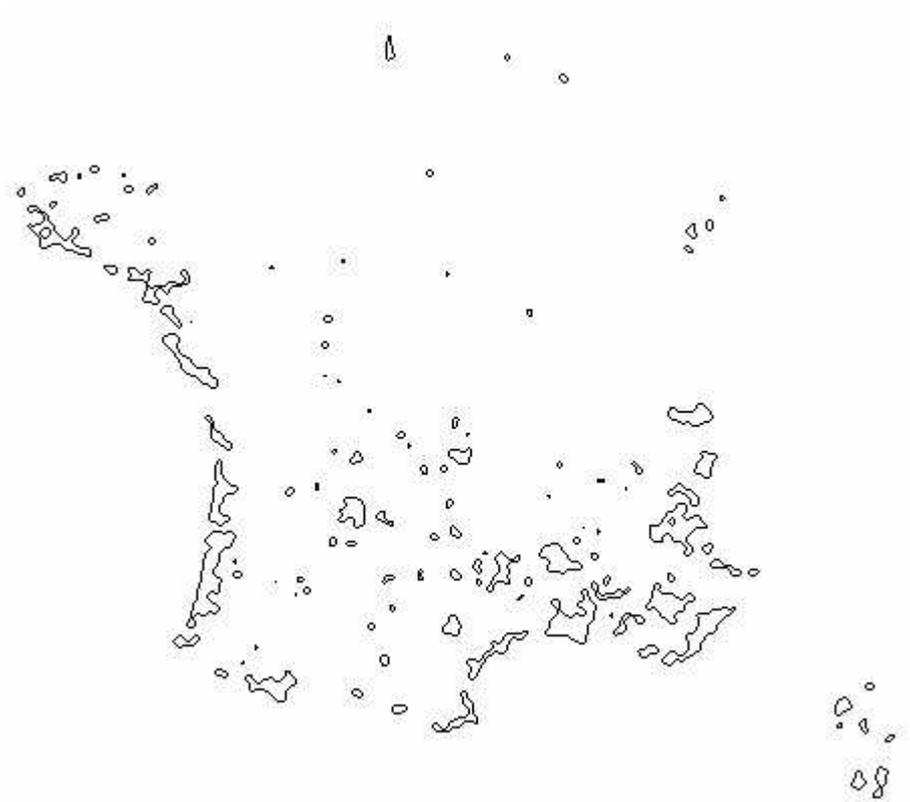


Fig. 3.49 - Délimitation des zones d'implantation de campings par filtre Sobel



Fig. 3.50 - Numérotation des zones d'implantation de campings

Après avoir délimité les zones d'activité par traitement du signal (filtre Sobel), nous avons identifié 16 zones d'implantation principale de campings qui correspondent chacune à des zones touristiques comme la logique le veut, souvent à proximité du bord de mer: Côte d'Azur, côte vendéenne, Bretagne, Bouches du Rhône, Pyrénées Orientales,... Il convient donc de rechercher pour un camping touristique une implantation au sein même de l'une de ces zones denses en concurrents en évitant tout de même les régions saturées en offre. Une approche encore meilleure serait d'établir ce même type de carte sur plusieurs années et de cibler les zones d'implantation de camping en développement (ayant un nombre de concurrents en croissance ou s'étendant) et d'éviter celles ayant tendance à régresser.

3.4.3 Stratégie d'ouverture des points de vente

Un réseau de points de vente peut adopter différentes stratégies d'ouverture, en se déployant rapidement sur un territoire ou bien en créant ses magasins, tour à tour, selon un ordre bien déterminé. Les modèles de localisation multiple de points de vente ont longtemps passé sous silence les effets des délais d'ouverture. Il est rare qu'une société décide l'ouverture simultanée de plusieurs magasins que ce soit pour des raisons de budget ou même par souci de prudence afin de mesurer le succès des premières créations initiales sur un marché donné et de se conforter dans l'idée dans lancer d'autres ultérieurement. Ceci dit, dans le choix même des localisations, il est possible soit de sélectionner les meilleures localisations de manière itérative, soit de chercher à implanter un réseau de manière globale. Dans le premier cas, le décideur identifiera une première localisation optimale en essayant de maximiser le chiffre d'affaires du magasin, puis un peu plus tard va ouvrir de la même façon un certain nombre d'autres sites en tenant compte des magasins existants et de la concurrence⁶²⁰. Ce processus se poursuivra jusqu'à ce que le marché ait atteint son point de saturation en terme d'offre. Le

⁶²⁰ KAUFMANN P.J., DONTU N. et CHARLES M.B. (2000) Multi-unit Retail Site Selection Processes : Incorporating Opening Delays and Unidentified Competition, *Journal of Retailing*, Vol.76(1), p. 113-127

problème est qu'en suivant cette procédure, le fait de placer au départ un point de vente entre deux localisations potentiellement très intéressantes va condamner ces opportunités à moyen terme⁶²¹. Il est en effet impensable pour des raisons de coût, d'ouvrir ultérieurement ces deux nouvelles surfaces commerciales après avoir fermé le magasin existant devenu inutile et sans doute non-rentable, sans avoir au minimum rentabilisé l'investissement souvent onéreux de la création de ce dernier.

Il est donc presque indispensable de choisir les sites optimaux en une étape unique^{622 623 624} ce qui permet en outre d'avoir ultérieurement une meilleure couverture du marché⁶²⁵. Même s'il existe un délai d'ouverture entre les points de vente sélectionnés de cette manière globale, le chiffre d'affaires de ces différentes entités sera en général plus équilibré et meilleur à long terme que ne le seraient des localisations déterminées séquentiellement. Dans ce dernier cas, le premier magasin avec sa localisation très centrale par rapport au potentiel du marché aura tendance à avoir un revenu excellent alors que les magasins suivants devront se contenter des restes et seront moins performants⁶²⁶. Mais si, pour différentes raisons, les délais d'ouverture entre les premiers magasins à ouvrir et les suivants doivent être longs, il est préférable d'adopter le processus séquentiel de décision afin d'amasser durant cette période les profits sur ces premiers magasins possédant un potentiel commercial plus intéressant. Cette stratégie est également confortée par le fait que plus le délai d'ouverture est long, plus le risque que les meilleurs emplacements soient préemptés par un concurrent est élevé⁶²⁷. Kaufmann, Donthu

⁶²¹ KAUFMANN P.J., DONTHU N. et CHARLES M.B. (2000) Multi-unit Retail Site Selection Processes : Incorporating Opening Delays and Unidentified Competition, *Journal of Retailing*, Vol.76(1), p. 113-127

⁶²² GHOSH A., CRAIG S. (1991) Fransys : A Franchise Distribution System Location Model, *Journal of Retailing*, 67, p. 466-495.

⁶²³ GOODSCHILD M.F. (1984) Ilacs : A Location-Allocation Model for Retail Site Selection, *Journal of Retailing*, 60, p. 84-100.

⁶²⁴ ACHABAL D.D., GORR W.L. et MAHAJAN V. (1982) Multiloc : A Multiple Store Location Decision Model, *Journal of Retailing*, 58, 5-24.

⁶²⁵ SCOTT A.J. (1971) *Combinatorial Programming, Spatial Analysis and Planning*, London: Methuen and Company Limited.

⁶²⁶ GHOSH A., TIBREWALA (1992) Optimal Timing and Location in Competitive Markets, *Geographical Analysis*, 24 (4): 317-334.

⁶²⁷ GHOSH A., CRAIG S. (1983) Formulating Retail Location Strategy in a Changing Environment, *Journal of Marketing*, 47, p. 56-68.

et Brooks ont vérifié toutes ces hypothèses assez logiques en simulant l'implantation de deux réseaux de magasins à travers un modèle MCI ⁶²⁸.

3.5 Un exemple de construction d'un modèle p-médian par traitement du signal

Reprenons l'exemple du magasin avec les clients virtuels associés à leurs fréquentations du chapitre précédent :

Fig. 3.51 - Adresses clients associées aux fréquentations

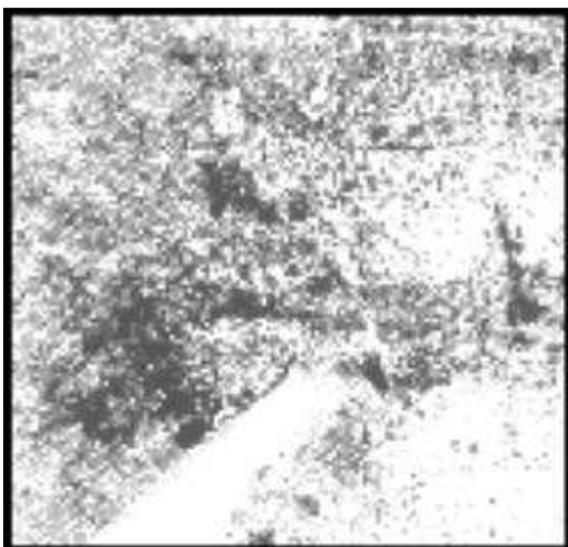
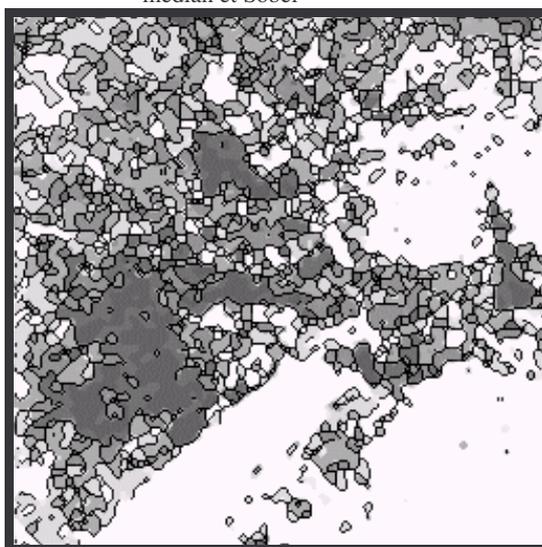


Fig. 3.52 - La délimitation des zones par filtres médian et Sobel



En calculant les coordonnées (X,Y) du centre de gravité et la valeur moyenne des fréquentations (ainsi que divers paramètres géométriques) de chaque aire selon les méthodes décrites ci-dessus, on obtient la cartographie avec chaque aire numérotée et les deux tableaux de valeurs suivants (3.1 et 3.2).

⁶²⁸ KAUFMANN P.J., DONTU N. et CHARLES M.B. (2000) Multi-unit Retail Site Selection Processes : Incorporating Opening Delays and Unidentified Competition, *Journal of Retailing*, Vol.76(1), p. 113-127

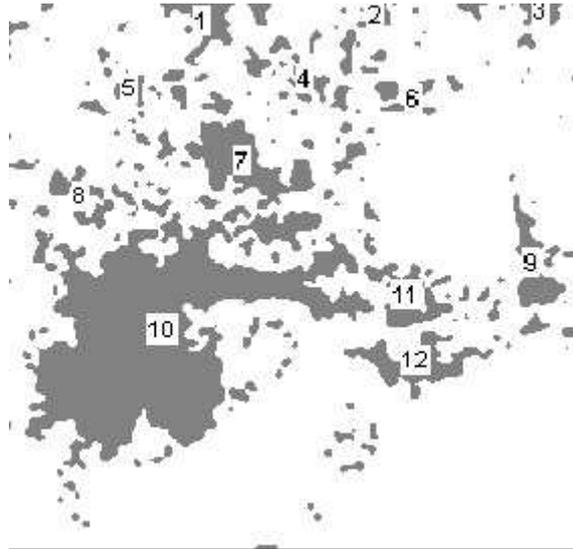


Fig. 3.53 - Numérotation des aires de chalandise

Tableau 3.1 - Paramètres géométriques des 12 aires de la zone de chalandise obtenus après délimitation

Aire	Superficie	X	Y	Périmètre	Diamètre Ds	Epaisseur De	Angle
1	346	87	9	142	24	20	138
2	110	165	6	60	13	10	49
3	156	239	4	59	18	10	175
4	194	134	37	88	19	12	129
5	124	55	41	64	13	11	53
6	143	182	45	89	17	10	31
7	1048	105	74	236	52	25	152
8	322	32	90	148	28	14	134
9	467	235	122	147	45	13	102
10	7594	70	152	1139	134	77	34
11	467	180	137	213	28	21	144
12	689	183	167	233	45	19	1

Tableau 3.2 - Paramètres marketing des 12 régions de la zone de chalandise obtenus après délimitation

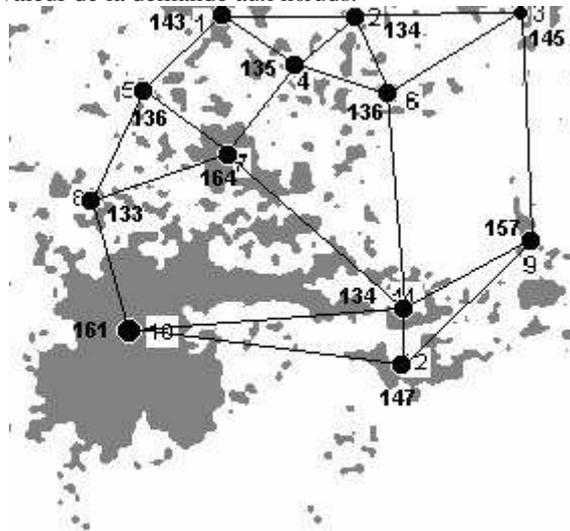
Aire	Fréquentation Moyenne	Valeur Modale	Maximum des Fréquentations
1	143	128	192
2	134	128	173
3	145	128	190
4	135	128	173
5	136	128	173
6	136	128	173
7	164	192	192
8	133	128	173
9	157	128	192
10	161	173	192
11	134	128	173
12	147	128	192

Les valeurs de X et de Y nous donnent les coordonnées des centres de gravité de chaque aire de chalandise et donc les nœuds du réseau p-médian. La demande en chaque nœud peut être caractérisée soit par la fréquentation, soit par la demande globale dans l'aire égale à la fréquentation moyenne par la superficie (les fréquentations moyennes représentent les valeurs de la fréquentation au sein des aires qui possède, par notre définition, le caractère d'avoir un niveau homogène). L'intérêt de prendre la demande globale dans l'aire comme valeur de la demande en chacun des nœuds est que celle-ci est révélatrice à la fois du niveau moyen de fréquentation dans l'aire considérée et de l'étendue de cette aire, et constitue ainsi une mesure intéressante du potentiel commercial au voisinage du centre de gravité. Il est à noter que ces fréquentations associées aux adresses des clients peuvent être les fréquentations effectives d'un point de vente ou d'un ensemble de points de vente existants dans le cas où l'on voudrait réorganiser un réseau de magasin en tirant parti de l'expérience commerciale acquise. Mais, ces fréquentations tout aussi bien susceptibles d'être tirées d'une enquête marketing en demandant à un échantillon de clients potentiels répartis dans l'espace s'ils comptent acheter tel ou tel produit ou service et à quel rythme. Pour caractériser la demande, nous aurions aussi

bien pu prendre en compte d'autres paramètres que les fréquentations comme le volume d'affaires ou même les bénéfices.

La dernière étape avant d'obtenir le réseau p-médian complet est de lier les nœuds en fonction du réseau de routes existant et d'évaluer les distances kilométriques (ou de mesurer les temps de parcours) pour évaluer les "coûts" de déplacement.

Fig. 3.54 - Le p-médian modélisé après délimitation de la zone de chalandise et calcul des centres de gravité et fréquentations moyennes. La valeur de fréquentation au sein des aires est ici prise comme valeur de la demande aux nœuds.



Ensuite, peut alors s'effectuer la résolution du modèle p-médian (simplifié) selon les méthodes existantes. En utilisant par exemple la méthode de Goldman⁶²⁹ (voir chapitre I) pour la recherche d'une localisation proche de l'optimale, on trouve que l'aire 7 avec sa fréquentation de 164 est un site convenable pour l'implantation d'un magasin. En admettant que nous ne soyons pas encore satisfaits de la précision du lieu d'implantation (dans l'aire 7), notre nouvel algorithme associant le p-médian et le traitement du signal (exposé au paragraphe 4.2.1) nous demande alors d'effectuer la même démarche au sein de cette aire 7, à savoir une délimitation

⁶²⁹ GOLDMAN J.L. (1971) Optimal Center Location in Simple Networks; *Transportation Science* 5, 212-221.

par filtrage et une analyse des intra-aïres de chalandise pour constituer un nouveau réseau p-médian plus petit occupant l'aire :

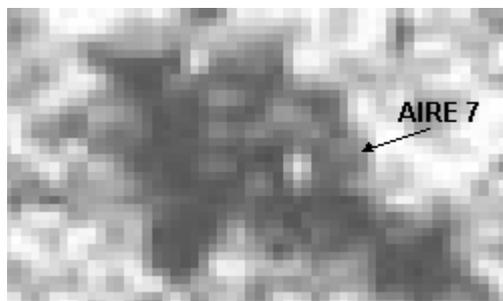


Fig. 3.55 - L'aire 7 agrandie

puis un filtrage médian (les fréquences sont très semblables):



Fig. 3.56 - L'aire 7 filtrée par un filtre médian

une délimitation par filtrage Sobel:



Fig. 3.57 - L'aire 7 délimitée par un filtre Sobel

puis un nouveau calcul de centres de gravité et une évaluation des fréquentations intra-aïres:

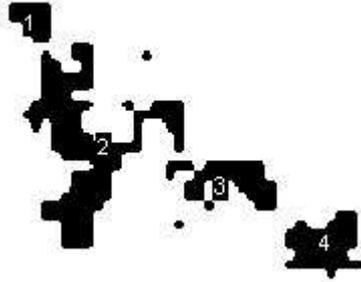


Fig. 3.58 - Les éléments de l'aire 7 numérotés après délimitation

pour constituer le nouveau réseau p-médian:

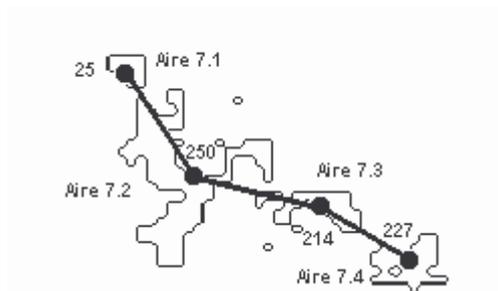


Fig. 3.59 - Le réseau p-médian correspondant à l'aire 7

Sa résolution montre que le site commercial doit non seulement se situer dans l'aire 7 mais aussi plutôt dans la sous-aire 7.2.

3.6 Utiliser toutes les sources d'informations commerciales disponibles

L'intérêt du traitement du signal associé à un modèle de localisation-allocation tel que le p-médian réside aussi pour le manager dans les nouvelles perspectives offertes pour manipuler de façon souple des informations de sources d'extraction variées. Les bases de données d'adresses de consommateurs potentiels construites par enquête ou déduites des modes de paiement servent comme on l'a vu, à alimenter le modèle après une phase de géocodage et de délimitation. Mais rien n'empêche non plus d'introduire des informations déjà mises en forme comme des cartes de données statistiques en format électronique ou même sur support imprimé. L'exemple suivant nous montrera qu'il est possible d'effectuer une étude d'implantation sans même passer par la fastidieuse étape de géocodage d'adresses, mais simplement en reprenant des documents glanés au fil de ses lectures.

Exemple de l'implantation d'activités commerciales au niveau national

Le traitement du signal peut aussi s'attaquer à traiter des informations issues de sources variées comme par exemple des cartographies sur support papier, qui seront directement intégrées dans un modèle p-médian. En témoigne l'exemple de cette carte représentant des densités de population en 2000, carte publiée dans le supplément "l'atlas des régions"⁶³⁰ du magazine les Echos.

Une première phase consiste à acquérir l'information, c'est-à-dire à scanner le document de la même manière que précédemment. Les données d'enquête ont été saisies pour constituer une base de données, puis ont été géocodées. Le procédé consiste alors à appliquer à ces données scannées le même traitement de filtrage et de convolution par un filtre Sobel pour en extraire les contours les plus marquants, en l'occurrence ceux des bassins de population. Cet exemple illustre bien la souplesse et la rapidité du traitement du signal qui permet d'intégrer n'importe quel document dans une logique p-médian (ou autre modèle de localisation-allocation) sans même ici perdre de temps ou d'énergie à saisir les données !

⁶³⁰ LES ECHOS (2000) *L'atlas des Régions Tome I*, Les Echos, réalisé en collaboration avec l'Insee.

Fig. 3.60 - Carte de France des densités de population en 2000 ⁶³¹

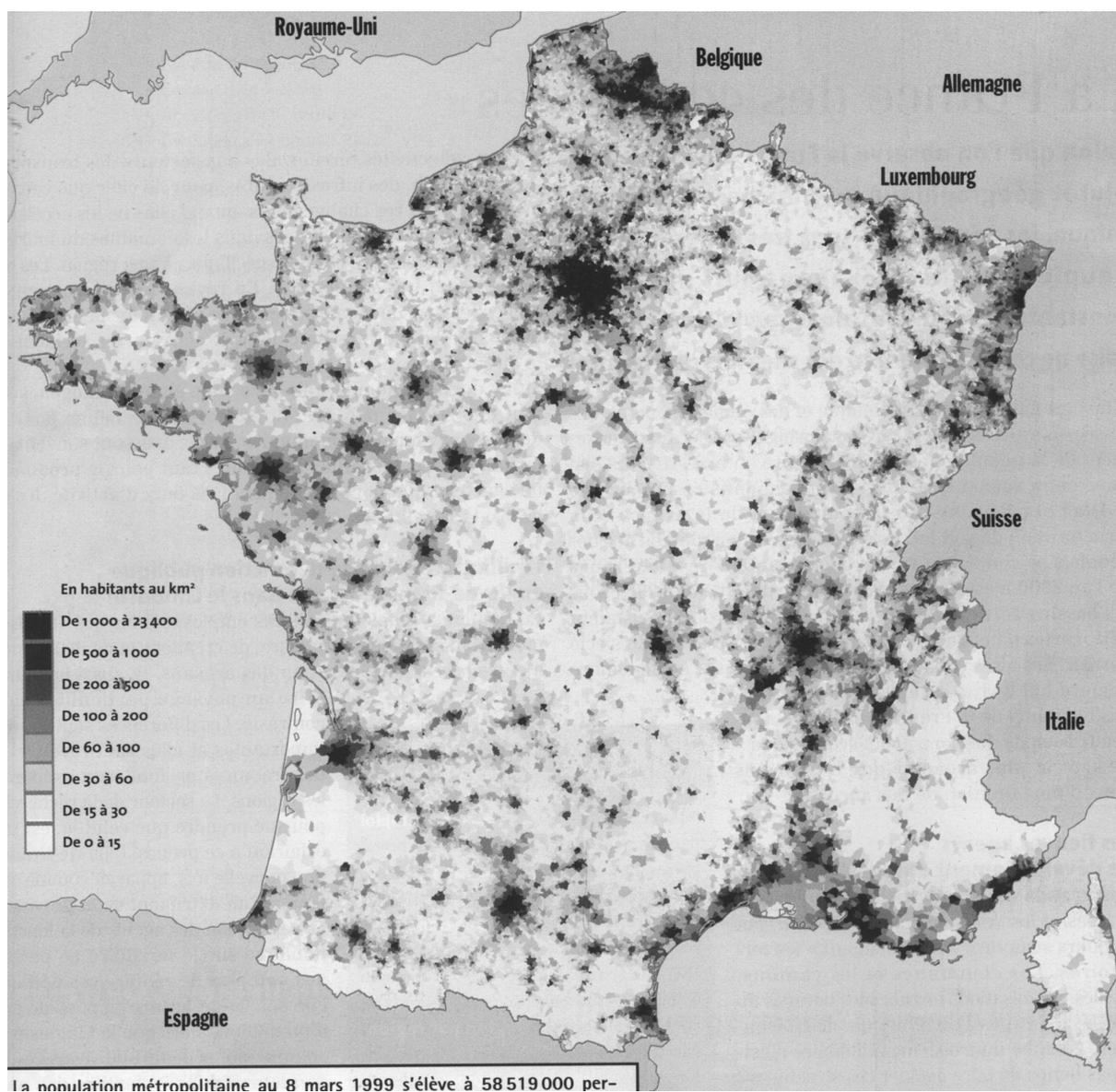


Fig. 3.61 - La carte traitée par un filtre médian,

Fig. 3.62 - puis délinée par filtre Sobel

⁶³¹ LES ECHOS (2000) *L'atlas des Régions Tome 1*, Les Echos, réalisé en collaboration avec l'Insee.

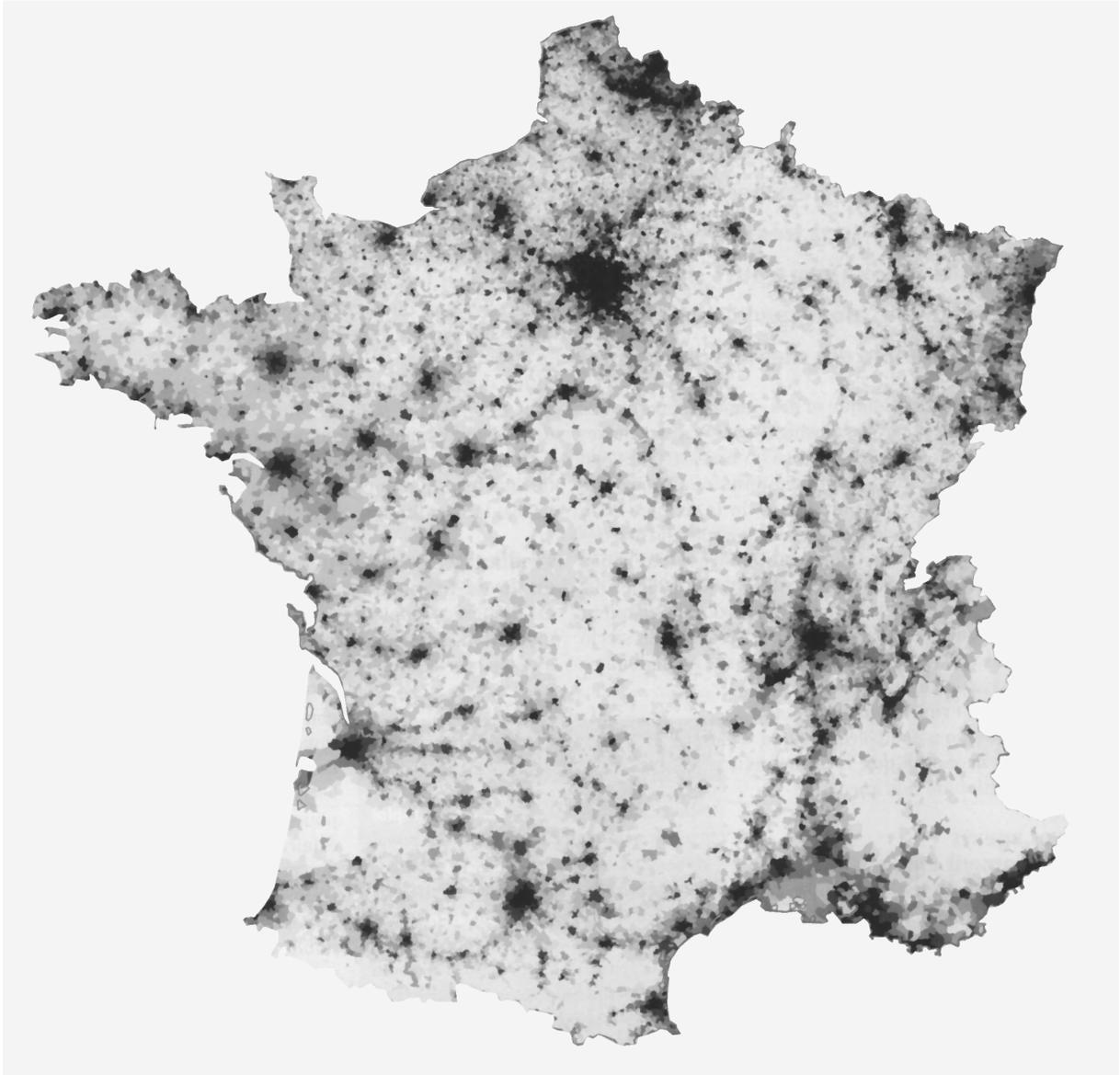
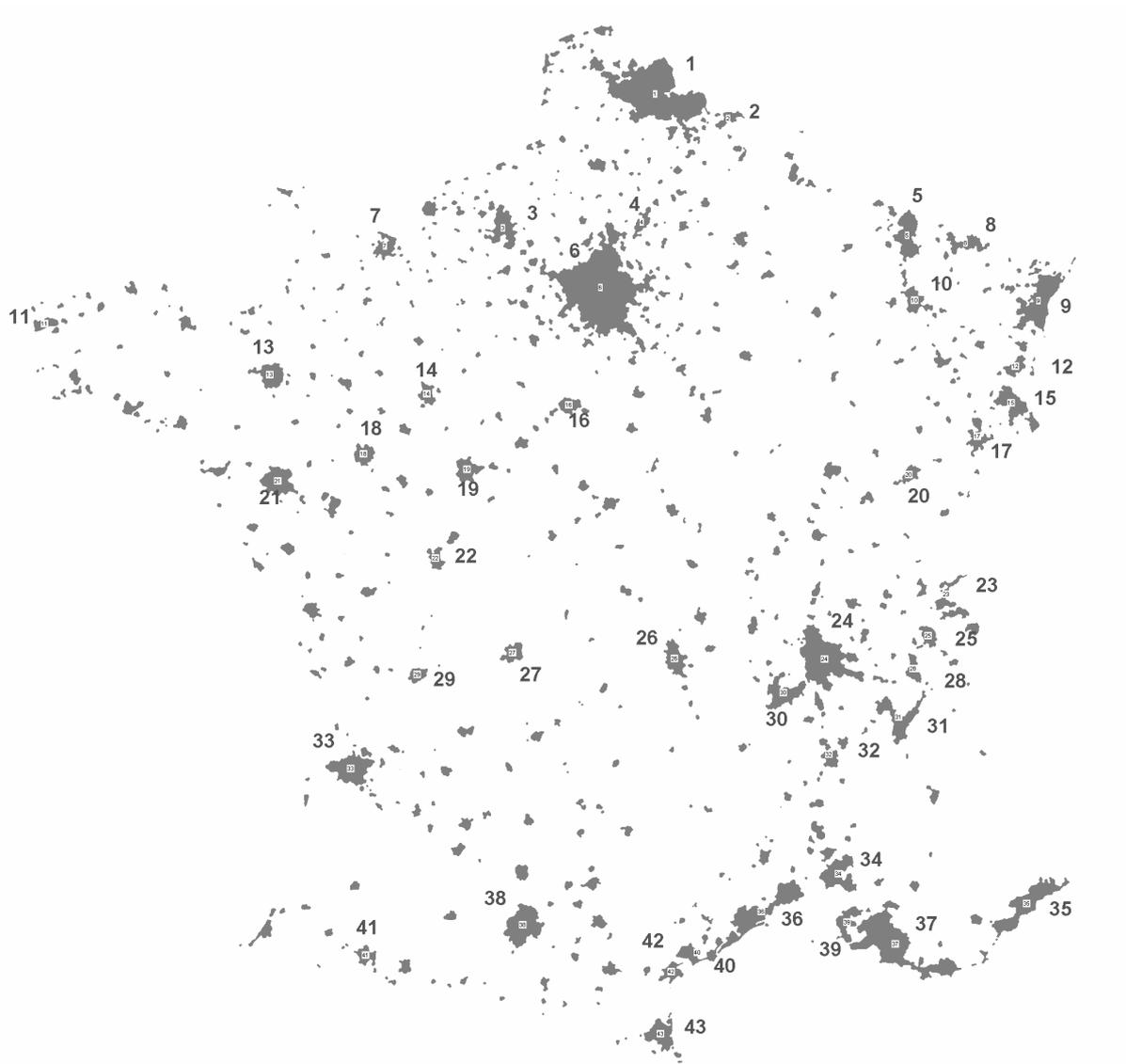




Fig. 3.63 - Les zones numérotées et analysées



Nous obtenons tout de suite les caractéristiques de bassins de population en terme de localisation de leur centre d'inertie et de leur étendue (voir tableau 3.3). Il est à noter que nous avons pris comme exemple une carte de densité de population, mais que n'importe quelle autre carte issue d'une quelconque source électronique ou papier aurait pu convenir, cela en fonction des besoins de l'analyse.

Supposons que la France ne compte pas encore d'hypermarchés et qu'un grand groupe décide d'y créer 10 magasins. Où faudrait-il les installer compte tenu des bassins de population ? Le p-médian (ou plutôt 10-médian) va nous donner ici encore une fois rapidement la réponse

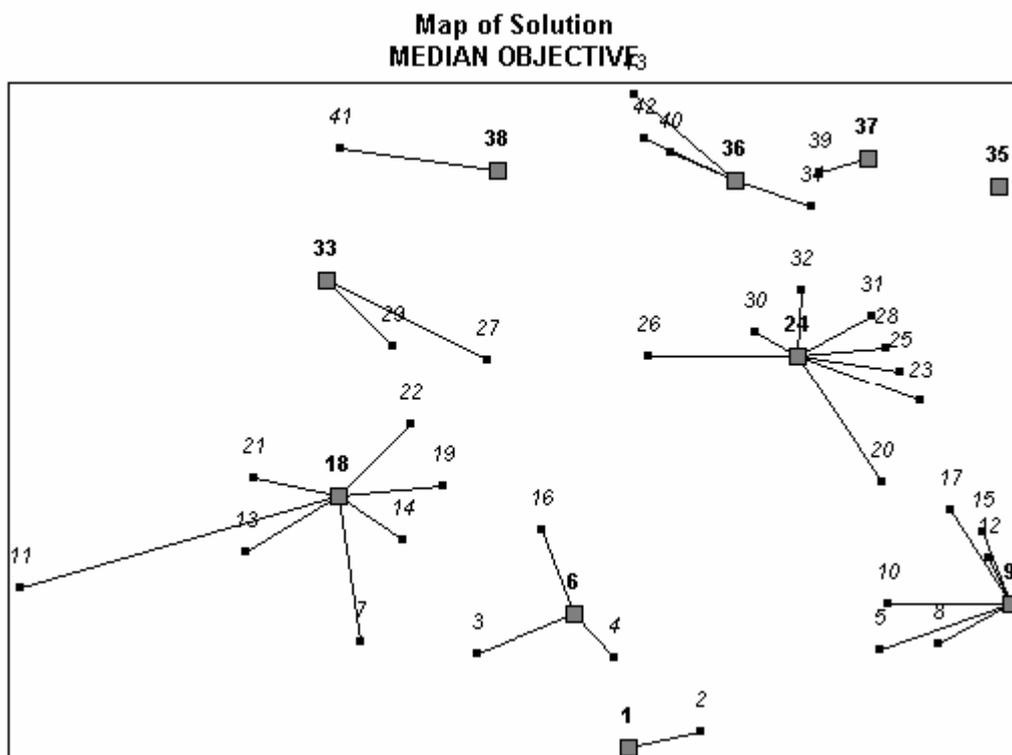
grâce à l'étape précédente de délimitation des zones par traitement du signal. La résolution du modèle avec les paramètres X, Y et la superficie, pour une distance limite raisonnable de parcours pour les consommateurs de 50 miles, nous apprend très rapidement que les meilleures implantations sont en : 1 (Lille-Roubaix), 6 (Paris et Région Parisienne), 9 (Strasbourg), 18 (Tours), 24 (Lyon), 33 (Bordeaux), 35 (Nice), 36 (Montpellier et la côte), 37 (Marseille et Région) et 38 (la distance maximale à parcourir est alors en théorie 645 pour une fonction objective de 10 253 440). Dans le cas où un nouvel hypermarché viendrait à s'installer, il lui faudrait se placer en 5. Les premiers hypermarchés ont en effet été créés dans ces régions fortement peuplées à partir des années 60.

Tableau 3.3 : Les caractéristiques des 43 aires de population détectées par traitement du signal

ZONE	Superficie	X	Y	Longueur	Majeur	Mineur	Angle
1	13272	1237	168	1050	177	98	155
2	740	1373	213	163	50	19	29
3	2443	952	420	371	69	45	96
4	870	1211	409	198	58	19	63
5	2680	1706	433	308	89	38	91
6	18179	1135	531	1324	165	145	102
7	1256	733	454	245	45	35	70
8	1435	1815	448	290	68	27	174
9	4594	1951	557	528	116	51	59
10	1356	1721	556	230	51	34	133
11	753	97	599	132	49	20	13
12	875	1908	680	142	45	25	42
13	1803	518	696	225	54	42	162
14	850	810	731	143	41	27	106
15	2021	1900	749	263	65	41	126
16	922	1076	753	134	41	29	4
17	1389	1837	811	307	55	32	89
18	1132	693	845	155	39	37	68
19	1495	885	874	198	44	43	12
20	805	1710	883	165	48	21	37
21	2452	532	896	253	61	51	159
22	831	827	1041	159	42	25	104
23	1065	1780	1108	301	55	24	63
24	7045	1553	1230	606	114	79	135
25	870	1746	1186	140	43	26	117
26	1770	1273	1229	239	69	33	107
27	1046	971	1218	161	43	31	38
28	827	1717	1249	160	51	21	100
29	706	792	1259	114	37	25	27
30	2390	1475	1293	339	64	48	20
31	2627	1690	1339	443	60	56	116
32	1046	1560	1410	201	54	25	112
33	3138	669	1436	300	76	53	180
34	2633	1579	1635	334	59	57	66
35	4155	1930	1690	522	149	36	41
36	4911	1434	1705	626	168	37	36
37	8558	1685	1766	870	162	67	148

38	3642	990	1731	303	77	60	58
39	1524	1594	1725	274	61	32	71
40	1547	1315	1782	306	68	29	8
41	893	696	1788	165	37	31	146
42	906	1266	1819	189	41	29	33
43	1992	1247	1936	254	53	48	111

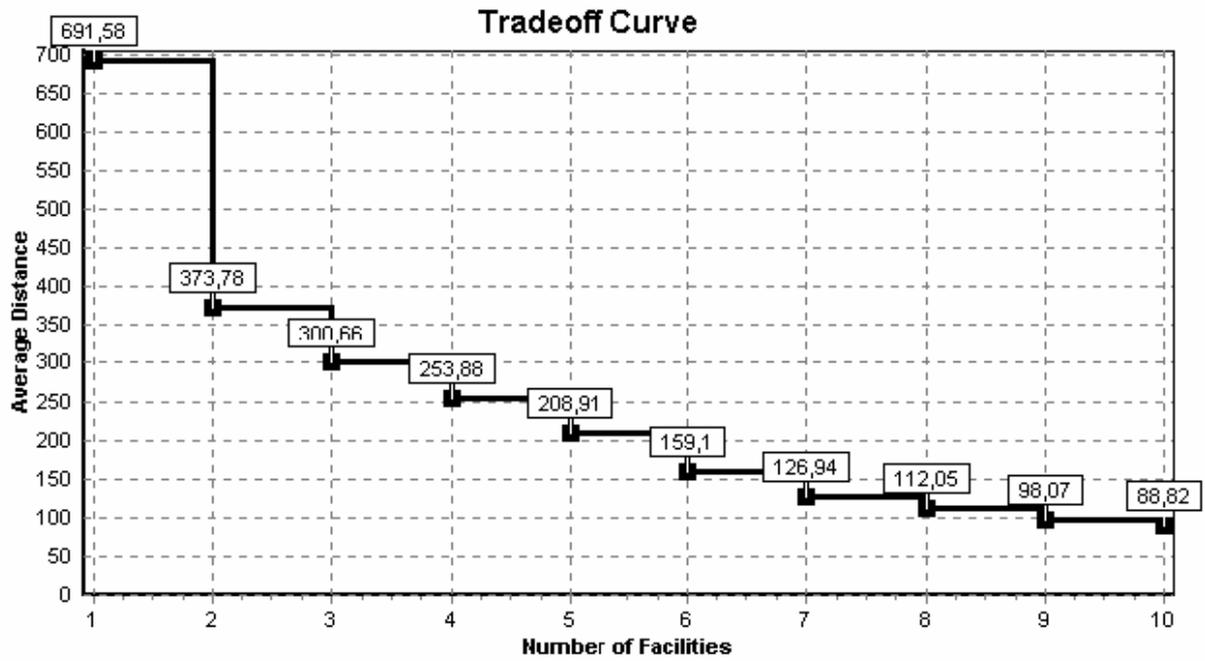
Fig. 3.64- Pour 10 localisations: zones de potentiel commercial associées aux points de vente en gras (en ignorant la distance limite de parcours des 50 miles)



Il est à noter cependant qu'avec 10 hypermarchés, seulement 40,6 % de la demande est couverte. D'autre part, on s'aperçoit que, compte-tenu d'une distance limite de 50 miles que les consommateurs seraient prêts à parcourir, les hypermarchés ne couvrent en terme d'offre que leur propre aire d'implantation soit 10 aires sur 43, ces aires étant en France parmi les plus peuplées. Si cette logique d'implantation préoccupait une activité pour laquelle les consommateurs sont prêts à parcourir une plus grande distance comme par exemple celle des parcs d'attraction qui doivent aussi se placer au plus près de leurs clients, nous aurions obtenu

les mêmes résultats mais avec un taux de couverture de 100 % (en supposant que les clients soient prêts à parcourir deux cents ou trois cents kilomètres) : les zones de population sont en effet éloignées les unes des autres ce qui ne les met pas en concurrence.

Fig. 3.65 - Distance moyenne à parcourir en fonction du nombre de magasins ouverts
(en ignorant la distance limite de parcours des 50 miles)



Conclusion

Nous avons vu dans ce chapitre que les principes du traitement du signal pouvaient être introduits dans une problématique de gestion et en particulier la recherche de localisations commerciales optimales. Dans ce cadre, nous avons présenté un nouvel algorithme composé de quatre étapes en l'occurrence :

- une *phase d'acquisition des données* constituées par les adresses des clients qui seront géocodées afin d'obtenir une cartographie représentant l'ensemble des clients potentiels.
- un *pré-traitement des données* destiné à éliminer par un filtrage les imperfections de la base de données d'adresses entraînées par exemple par des adresses incomplètes, de mauvaises saisies, des erreurs d'échantillonnage,.... Cette étape comprend en deuxième lieu la phase de *traitement ou la mise en forme des données* à proprement parler qui s'attache dans notre problématique à détecter par une convolution avec un filtre du type Sobel et un sous-algorithme, les frontières de la zone de chalandise,
- *l'exploitation des résultats* qui permet de spécifier les caractéristiques propres de la zone de chalandise, c'est-à-dire les paramètres géométriques qui vont nous servir à construire le modèle p-médian (coordonnées des centres de gravité de chaque aire composant la zone de chalandise correspondant aux nœuds du réseau et la surface de ces aires mesurant la demande).
- la *résolution du modèle* ainsi élaboré par les heuristiques bien connues de résolution du p-médian.

Nous avons déjà laissé entrevoir à travers quelques exemples, les avantages d'un tel mode de recherche de localisations optimales à savoir la rapidité, la souplesse d'utilisation et la démonstrativité. La deuxième partie nous donnera l'occasion de vérifier ces avantages sur des exemples concrets portant sur la filière de distribution des produits biologiques, et en particulier l'exactitude de la méthode, sa rapidité, sa précision et sa capacité à traiter de larges

bases de données d'adresses clients pour la recherche de localisations proches de l'optimal. Pour introduire ces exemples, nous allons dans un premier temps établir un bilan du marché des produits bio en France et dans le monde, puis présenter les différents modes de distribution de ces produits pour illustrer enfin le fonctionnement de notre algorithme avec le cas particulier de la localisation de points de vente de produits biologiques dans l'Ouest parisien.

Partie II :
La localisation d'un réseau

Chapitre 4 :
Analyse d'un réseau de points de vente
de produits biologiques dans l'Ouest parisien

Introduction

Les produits bio sont un secteur qui en France comme en Europe ou aux Etats-Unis connaissent une forte croissance d'abord car les consommateurs échaudés par les scandales alimentaires souhaitent de plus en plus acheter des produits à la fois sûrs, sains et savoureux. D'autre part, les politiques françaises et européennes favorisent très largement l'agriculture biologique en octroyant aux surfaces agricoles dédiées à ce mode de production des subventions non négligeables. Enfin, les grands distributeurs voient dans ce type de produits un moyen d'améliorer leur image de marque et leur rentabilité. La distribution des produits biologiques constitue un champ intéressant d'étude dans le cadre d'une problématique d'implantation commerciale étant donné que les magasins "bio" sont actuellement en pleine phase d'expansion, les premières créations datant d'une dizaine d'années. Ainsi, il reste en France encore de nombreuses opportunités pour créer son point de vente de produits biologiques en particulier dans les villes de taille moyenne. Nous nous proposons donc d'appliquer la nouvelle méthode explicitée au chapitre précédent à la localisation d'un réseau de points de vente de produits biologiques dans l'Ouest Parisien. Ce choix géographique n'est pas anodin car l'Ouest Parisien à fort pouvoir d'achat et très hétéroclite est constitué de zones où les magasins "bio" sont bien implantés (en particulier certains arrondissements de Paris) et d'autres zones apparemment encore libres de toute offre dans ce secteur. Notre démarche dans ce chapitre constituera à partir d'une base de données d'adresses de clients potentiels habitant cette région et dans l'optique d'une recherche de localisations optimales pour des points de vente de produits biologiques, à construire le modèle p-médian correspondant grâce aux principes du traitement du signal vus précédemment.

4.1 Le marché et la distribution des produits biologiques

4.1.1 Les produits biologiques : définition et importance du marché

Dopés par les nombreux scandales alimentaires (vache folle, poulet aux hormones, dioxine, fièvre aphteuse...), les produits biologiques sont un secteur dynamique et en pleine expansion bien que le commerce "bio" reste pour l'instant un micro-marché qui n'implique à l'heure actuelle que 1 % de la production agroalimentaire française et moins de 1 % du chiffre d'affaires du commerce de détail. Les qualités hygiéniques ou gustatives de ces produits très souvent au moins 10 % plus chers que les aliments industriels, n'apparaissent pas encore évidentes aux yeux des consommateurs : cependant, malgré leur cherté, la vente de produits biologiques progresse en France et aux Etats-Unis au rythme de 20 % par an et les experts tablent qu'à moyen terme, 5 % des dépenses des Français seront consacrées au "bio" ⁶³² (soit encore une marge de progression de 400 %).

En termes de statistiques, l'agriculture biologique concerne en France :

- ▶ 7500 exploitations agricoles sur 270 000 ha soit seulement encore 0,9 % de la surface agricole ; à titre de comparaison, l'agriculture biologique en Europe représente 2,1 % de la surface agricole ;
- ▶ un marché actuel de 4,5 milliards de francs et 1000 entreprises de transformation⁶³³.

L'engouement pour le "bio" se remarque dans la plupart des pays développés et particulièrement aux Etats-Unis où ce secteur pèse déjà 4 milliards de dollars⁶³⁴.

⁶³² SYLVANDER B. (1999) Les Tendances de Consommation de Produits Biologiques en France et en Europe : Conséquences sur les Perspectives d'Evolution du Secteur. *Colloque L'Agriculture Biologique Face à Son Développement*, Les enjeux Futurs, 6-8 déc. 1999, Lyon.

⁶³³ INRA (1999) *L'Agriculture Biologique en France*, Document du Groupe de Travail de l'Inra sur le Secteur Biologique, Présidé par Guy Riba.

⁶³⁴ FOSTER C. et LAMPKIN N. (1999) *European Organic Production Statistic 1993-96*, Stuttgart, Hohenheim University.

Mais que sont exactement les produits biologiques ?

L'appellation "biologique" est réglementée et strictement contrôlée par la loi.

Le logo "AB" (Agriculture Biologique) accordé par le ministère de l'agriculture sur un produit garantit en résumé⁶³⁵ :



- *la conformité du produit avec la réglementation européenne en ce qui concerne les aliments d'origine végétale (interdiction d'utiliser des organismes génétiquement modifiés) ;*
- *la conformité au cahier des charges fixé par les pouvoirs publics français et européens pour tous les produits ayant des ingrédients d'origine animale ou destinés à la production animale ;*
- *que l'aliment a été obtenu par une production respectant à la fois la nature et l'homme par exemple par l'utilisation exclusive d'engrais ou de traitements écologiques et naturels ;*
- *que l'aliment incorpore au minimum 95 % d'ingrédients issus de la production biologique.*

Ecocert est l'organisme privé (mais néanmoins dépendant du ministère de l'agriculture) chargé de s'assurer du contrôle annuel des productions classées comme biologiques. La certification "bio" est accordée par les organismes accrédités : *Ecocert*, *Qualité France* ou *Socotec*. Les entreprises souhaitant être agréées "biologiques" doivent de plus acquitter un droit d'utilisation du logo AB et être inscrites à la Direction Régionale de l'Agriculture. Une accréditation encore plus sévère pour les produits issus de l'agriculture biodynamique est accordée par l'organisme *Demeter*.

En outre, les exploitations agricoles ont la possibilité de s'engager avec l'Etat français dans un contrat territorial d'exploitation (le label est encore inexistant). Ce contrat "écologique" oblige

⁶³⁵ BARAY J. (2002) *Le Guide des Produits Bio*, Editions Grancher, Paris.

alors l'exploitation qui l'adopte à respecter la flore et la faune, le paysage rural, à utiliser des matériaux traditionnels,... Au niveau des entreprises industrielles, on a prévu, à l'échelon international, la norme Iso 14000 de management de l'environnement qui vise également à ce que les activités humaines s'insèrent au mieux dans l'environnement sans trop lui nuire.

Les produits non-alimentaires tels qu'ampoule électrique, aspirateur traîneau, chaussures, colle pour revêtement de sols, congélateur, détergent pour textiles, filtre à café, lave-linge, linge, matelas, mobilier de bureau, mobilier scolaire, ordinateur personnel, papier à copier, papier absorbant, peinture, réfrigérateur, sac-poubelle, tee-shirt, textiles, vernis sont susceptibles de comporter le logo NF (Norme Française) de l'AFNOR ou l'Eco-label au niveau européen.

Les produits susceptibles d'être commercialisés dans une épicerie ou dans un supermarché dits "bio", correspondent donc à ceux que l'on pourrait trouver dans une grande surface traditionnelle avec en plus la contrainte de comporter des articles alimentaires incorporant au moins 95 % d'ingrédients issus de l'agriculture biologique. Les produits sont alors étiquetés avec les mentions obligatoires :

- ▶ "Agriculture Biologique"
 - ou "Produit de l'Agriculture Biologique"
 - ou "Produit issu de l'Agriculture Biologique"
 - ou "X % des ingrédients d'origine agricole ont été obtenus selon les règles de la production biologique (la mention 100% "bio" n'est pas autorisée)";
- ▶ nom de l'organisme certificateur (ex : Ecocert);

et peuvent comporter les mentions facultatives :

- ▶ "Système de contrôle CEE";
- ▶ le logo AB.

Dans les produits alimentaires, un cas particulier est représenté par le vin : il n'existe en effet à ce jour aucun cahier des charges au niveau européen concernant sa fabrication. Les mentions pouvant figurer sur les étiquettes de vin sont seulement : "vin issu de raisins de l'Agriculture Biologique" avec le nom de l'organisme certificateur. Le logo AB n'est pas autorisé.

Rien n'empêche ces commerces de distribuer des produits n'ayant pas la qualité "bio" sinon le risque d'être attaqués pour publicité mensongère. On trouve pourtant rarement des produits alimentaires non-bio dans ce type de magasin. Dans le cas où des aliments contiendraient seulement de 70 % à 95 % d'ingrédients "bio", leur étiquette peut comporter les mentions suivantes :

- ▶ "X % des ingrédients d'origine agricole ont été obtenus selon les règles de la production biologique";
- ▶ le nom de l'organisme certificateur;
- ▶ la liste des ingrédients par ordre décroissant avec référence au mode de production biologique.

4.1.2 Le commerce de détail des produits biologiques en France

On recense en France à ce jour un peu plus de 2200 points de vente distribuant indistinctement des produits biologiques, naturels ou diététiques sans pouvoir parfois les classer dans une catégorie particulière. Ces activités se concentrent dans les régions très urbaines à pouvoir d'achat plutôt élevé, avec une prépondérance pour les départements comportant d'importants pôles urbains, souvent frontaliers ou côtiers avec en particulier : Paris et région parisienne, région lilloise, Strasbourg et Bas-Rhin, Lyon et Région Rhône-Alpes, Haute-Savoie, Bouches du Rhône, Côte d'Azur, Gironde (Bordeaux), Hérault (Montpellier), Haute-Garonne (Toulouse).

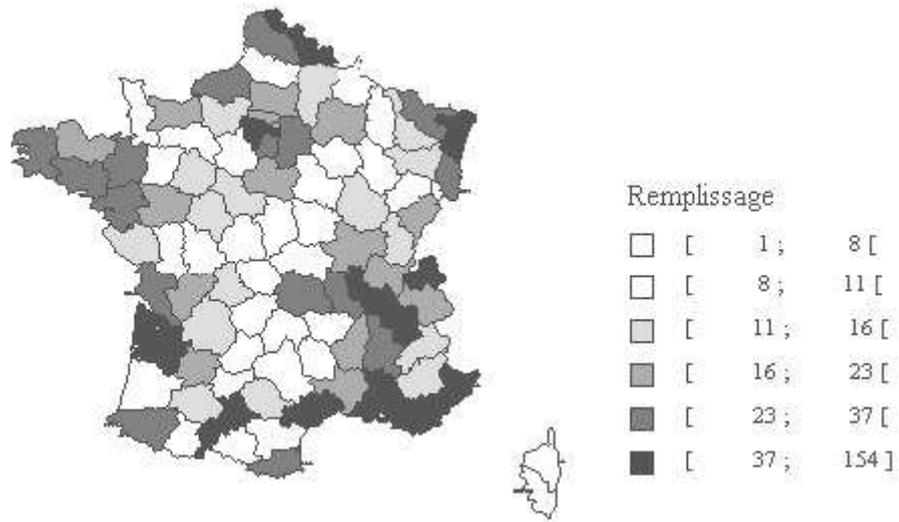


Fig. 4.1 - Les magasins "bio" et boutiques de produits diététiques en France par département en nombre
Source : CD Stratégie & Localisation - Jérôme Baray / société Artique

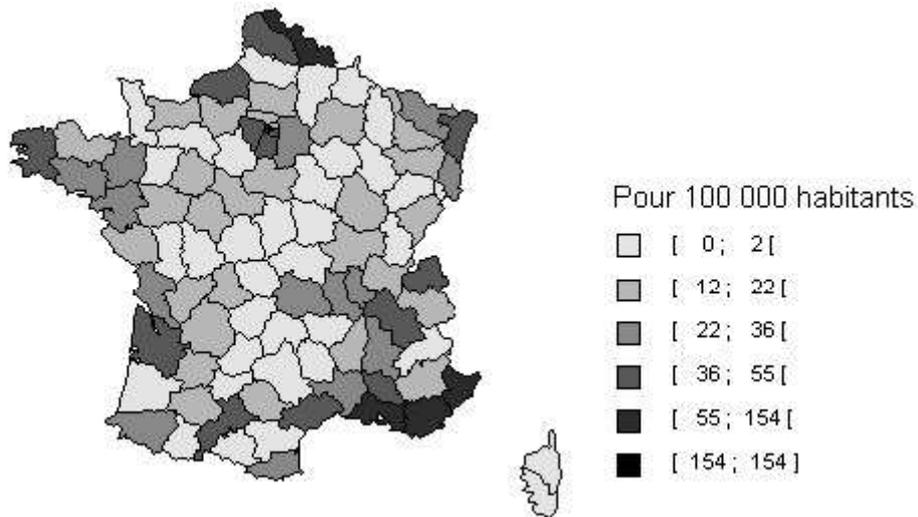


Fig. 4.2 - Les magasins "bio" et boutiques de produits diététiques en France par département en densités par habitant
Source : CD Stratégie & Localisation - Jérôme Baray / société Artique

En région parisienne, les secteurs de la distribution de produits naturels, biologiques et diététiques se sont implantés dans les départements à revenus élevés (Ouest parisien et Hauts de Seine surtout).

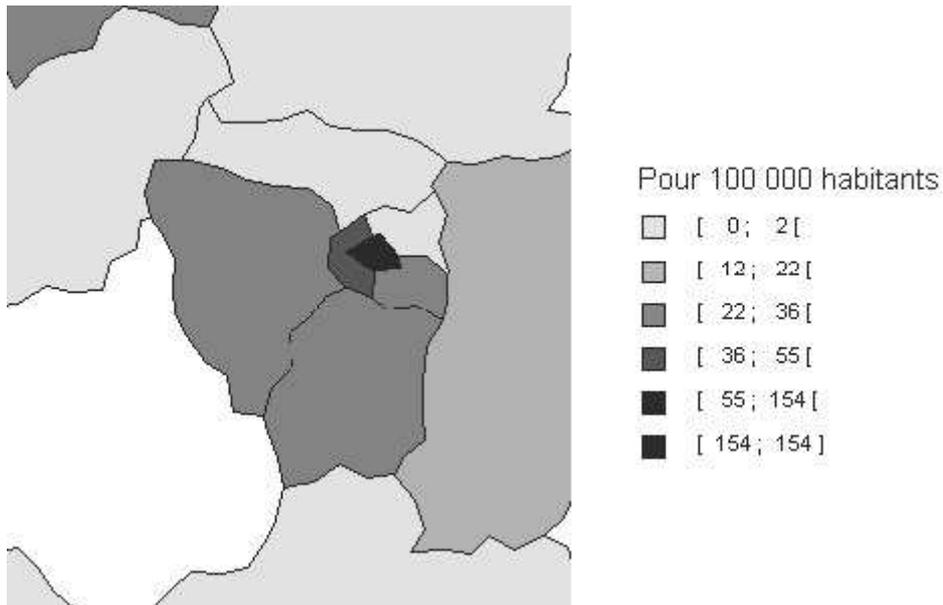


Fig. 4.3 - Les magasins "bio" et boutiques de produits diététiques et naturels en Ile-de-France en densité par habitant
 Source : CD Stratégie & Localisation - Jérôme Baray / société Artique

Très peu de magasins de produits naturels (biologiques pour certains) peuvent se comparer aux commerces de détail traditionnels. En effet, la majorité des commerces recensés dans les statistiques ci-dessus, sont surtout spécialisés dans les produits non-alimentaires, par exemple dans la vente de suppléments diététiques ou naturels tels le groupe La Vie Claire ou encore dans les remèdes naturels, la phytothérapie, les huiles essentielles, les encens et plus généralement dans les articles proches de la philosophie spiritualiste dite du "New Age" qui prône sérénité, décontraction, partage des cultures et paix universelle.

Echappant à ce mouvement, seuls quelques acteurs du "bio" proposent un assortiment complet rivalisant avec le commerce de détail classique, allant de l'alimentaire (produits frais, fruits, légumes, viande, pain, céréales, vins certifiés biologiques) aux produits d'hygiène (dentifrice naturel dépourvu de fluor, savon végétal, lessive sans phosphate) en passant par quelques remèdes (aspirine naturelle, vitamines végétales) ou même par l'habillement (vêtement en coton "bio"). Seuls en France, deux groupes se sont pour l'instant structurés en réseau de points de vente qui n'ont rien à envier au supermarché ou au commerce de proximité classique.

La première chaîne de distribution de produits "bio" en France est représentée par le réseau de franchise BioCoop avec 170 points de vente répartis sur tout le territoire. Sa centrale d'achats exclusive aux BioCoops propose près de 4000 références de produits biologiques, secs et frais et d'éco-produits sélectionnés par les BioCoops. Selon les responsables du groupe, adhérer au réseau BioCoop créé en 1987 signifie⁶³⁶ :

- *"promouvoir l'agriculture biologique, seule agriculture durable certifiée, respectueuse de l'environnement et de la santé des hommes qui la cultivent et la consomment.*
- *entreprendre autrement en construisant, avec les BioCoops et leurs partenaires de la filière, un commerce équitable et transparent.*
- *bénéficier des services d'un réseau unique en France regroupant les pionniers de la distribution moderne des produits biologiques et écologiques, le premier du secteur en France, et proposer aux consommateurs des produits rigoureusement sélectionnés à des prix justes."*

Le chiffre d'affaires des points de vente BioCoop varie de 1,5 million de francs dans les points de vente de province à 7 ou 8 millions concernant ses implantations parisiennes dont certaines atteignent la taille d'un supermarché (ex. Canal "bio" dans le 19^{ème} arrondissement de Paris).

Les adresses des implantations de BioCoop sont :

- *O'racines 28 Rue Petrelle 75009 Paris*
- *Canal "bio" 300 Rue de Charenton 75012 Paris*
- *BioCoop Paris "Glacière" 55 Rue de la Glacière 75013 Paris*
- *Canal "bio" 46 Bis Quai de la Loire 75019 Paris*
- *BioCoop Grenelle 44 Bd de Grenelle 75015 Paris*
- *BioCoop Paris 17ème 153 Rue Legendre 75017 Paris*
- *Les Nouveaux Robinsons 127 Avenue Jean-Baptiste Clément 92100 Boulogne-Billancourt*
- *Les Nouveaux Robinsons 14 Rue des Graviers 92200 Neuilly Sur Seine*

Il est à noter que ces implantations sont loin d'être toutes sous l'enseigne commune BioCoop.

Le réseau de points de vente ne bénéficie donc pas de la notoriété dont il aurait pu tirer profit auprès de ses clients. Sans doute, cet état de fait vient de l'histoire de ce groupe créé lors de la

⁶³⁶ Site du groupe Biocoop : www.biocoop.fr

fédération en novembre 1986, d'une quarantaine de coops aux noms évocateurs, dont Germinal, Sonneblüm, Regain, Soleil Levain, Aquarius, Kerbio, Scarabée, Floréal, Nature et Vie, Bigorre etc.. qui se sont aperçus qu'elles avaient le même souci de développer le "bio".

Naturalia est le deuxième réseau de 16 points de vente pesant un chiffre d'affaires de 63 millions de francs (en 1999) et distribuant des produits biologiques alimentaires en étant implanté majoritairement à Paris⁶³⁷.

Les implantations de Naturalia :

- 11-13 rue Montorgueil 75001 Paris
- 52 rue Saint Antoine 75004 Paris
- 36 rue Monge 75005 Paris
- 126 bd Raspail 75006 Paris
- 38 av de la Motte Picquet 75007 Paris
- 121 bd Magenta 75010 Paris
- 33 rue de la Roquette 75011 Paris
- 44 av d'Italie 75013 Paris
- 16 av du général Leclerc 75014 Paris
- 86 rue de Cambronne 75015 Paris
- 25 rue des Sablons 75016 Paris
- 26 rue Poncelet 75017 Paris
- 16 rue de Levis 75017 Paris
- 107 rue de Caulaincourt 75018 Paris
- 37 rue du Poteau 75018 Paris
- 188 rue de Fontenay 94300 Vincennes

A noter que le chiffre d'affaires de Naturalia suit bien la tendance du secteur en connaissant une hausse de 23 % en 1997, de 18 % en 1998 et de 15 % en 1999.

Hormis BioCoop et Naturalia, il existe quelques rares commerces individuels distribuant des produits biologiques, alimentaires et autres. Ce serait le seul cas en région parisienne du supermarché Espace "bio" St. Charles situé dans le 15^{ème} arrondissement de Paris. Ce magasin est selon ses dirigeants, la plus grande surface consacrée au "bio" en France. Avec plus de 6000 références et environ 10 millions de chiffre d'affaires sur 500 m² environ, il accueille quotidiennement 400 clients et compte environ 4000 consommateurs réguliers au total, certains n'hésitant pas à parcourir hebdomadairement plusieurs dizaines de kilomètres pour y

⁶³⁷ Site Internet : <http://www.biocoop.fr/pageinterieure/jeudecadre.htm>

faire leurs achats de la semaine. Les produits que l'on peut acheter dans ce véritable commerce biologique de détail sont par exemple par catégorie :

- *Produits frais* : fruits, légumes, lait, yaourt, œuf, viande, poisson, plats préparés ;
- *Boissons* : eaux minérales, bière (bière de sarrasin, d'épeautre, au chanvre), digestif, vin rouge et blanc, cidre, frenette, ortillette, chanvrette, limonade, jus de fruits et de légumes, eau minérale, thé, boisson aux céréales (soja, avoine, riz) ;
- *Epicerie salée* : alimentation bébé, pâtes, produits japonais (agar agar, kombu, algue de mer, wakame, nori), conserves, condiments ;
- *Epicerie sucrée* : miel, pollen, biscuit, desserts de soja, substitut du sucre (fructose, sirop de blé), compotes, chocolat ;
- *Petits déjeuners* : biscottes, pain, muesli, succédané de café (poudre de caroube, yannoh), café, thé ;
- *Produits Montignac* ;
- *Compléments alimentaires* : spiruline, guayapi, jus d'aloé vera, propolis "bio", gel de silice, aliments sans gluten ;
- *Alimentation animale* : terrine et croquettes pour chien et chat ;
- *Cosmétique et hygiène* : dentifrice, cire de jojoba, huile solaire, argile Rhassoul, lotion, crème, shampoing naturel, huiles essentielles ;
- *Non-alimentaire* : insecticides "bio", crème à récurer, lessive, assouplissant, gel wc, savon, nettoie-vitre ;



Fig. 4.4 - La devanture du magasin Espace "bio" St. Charles

La force d'Espace "bio" est de négocier lui-même avec les producteurs ou grossistes sans passer par une quelconque centrale de distribution. En définitive, les tarifs pratiqués sont très voisins de ceux de la grande distribution. Le consommateur hésite moins à faire une expérience d'achat, et rassuré par la certification "bio" et la qualité des produits, est pris au jeu et se fidélise.

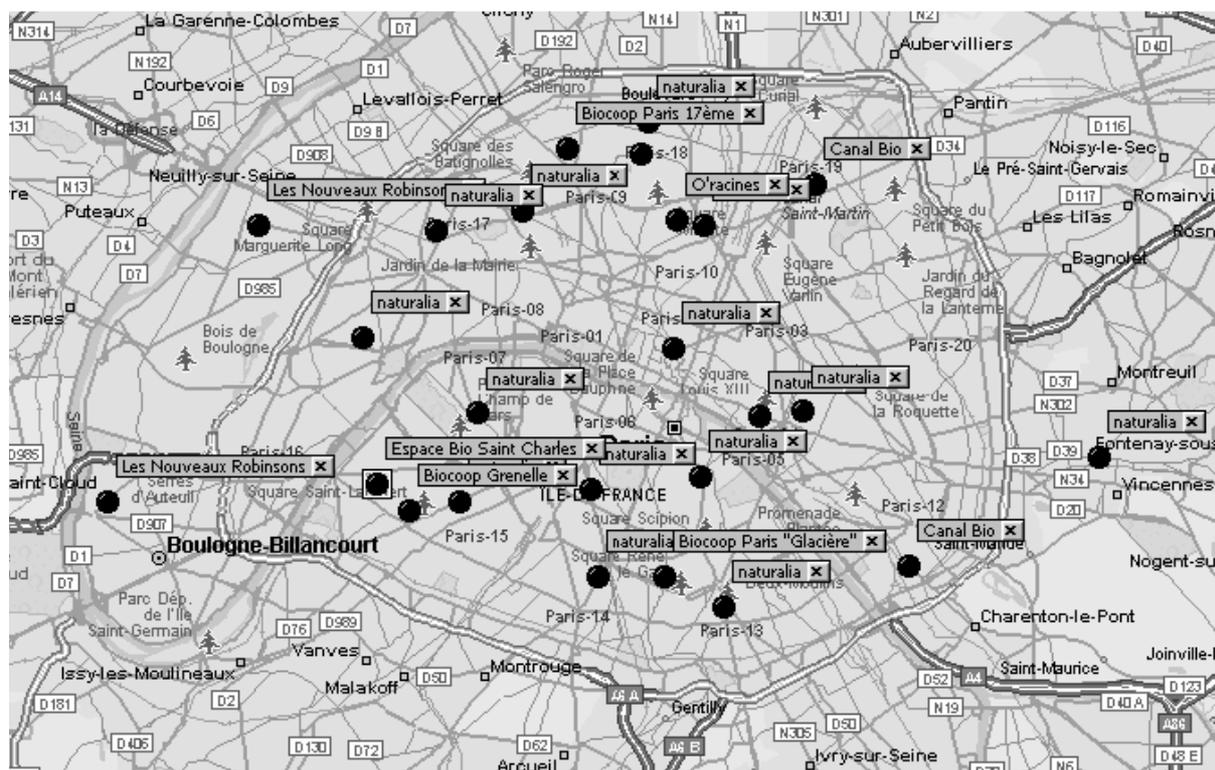


Fig. 4.5 - Les localisations des commerces de détail "bio" à Paris et en région parisienne

4.1.3 La vente des produits biologiques sur Internet

Il n'est pas possible d'évoquer la distribution de produits biologiques sans parler d'Internet qui selon certains chercheurs représente la quatrième révolution commerciale après les boutiques, les grands magasins et le libre-service⁶³⁸. Pour certains auteurs, ce nouveau mode de distribution bouleversera demain notre façon de consommer⁶³⁹. Non pas qu'Internet aura le monopole de la distribution, mais tout au moins jouera-t-il dans la même cour que les acteurs

⁶³⁸ VOLLE P. (2000) Du Marketing des Points de Vente à Celui des Sites Marchands : Spécificités, Opportunités et Questions de Recherche, *Revue Française du Marketing*, N°177/178, P.83.

⁶³⁹ MOATI P. (2001) *L'avenir de la Grande Distribution*, Ed. Odile Jacob.

actuels de la grande distribution. En effet, une multitude de sites de commerces électroniques proposant des produits biologiques ont fleuri durant les années 1998 et 1999. Ces années de "vache folle" et le faible investissement indispensable à la création d'un site ont en effet stimulé à ce moment les créateurs de tout poil. Le soufflet est bien vite retombé car, en 2001, seuls restent, sur une centaine de commerces initialement créés, au plus une dizaine d'acteurs, la plupart étant adossée à des commerces de détail bien réels et ayant pignon sur rue ce qui leur facilite considérablement la logistique et les problèmes de stock.

Pourquoi cet effondrement des projets de commerces "bio" sur Internet ? D'une part, les commandes n'étaient pas au rendez-vous et presque au même moment en 2000, La Poste par laquelle transitait la plupart des paquets alimentaires refusait d'assurer le transport des produits frais ce qui a contraint sans détours un grand nombre de sites à fermer. A l'heure actuelle, les quelques sites Internet restant en lice et distribuant des produits biologiques alimentaires sont essentiellement parisiens. Parmi eux, on trouve :

- www.Biodoo.com : le site de commerce électronique du groupe Naturalia associé à ces magasins.
- www.epiceriebio.com : qui distribue par La Poste des aliments "bio" conditionnés et des produits d'hygiène naturels.
- www.espacebio.com : le site d'Espace "bio" St. Charles. De l'aveu même du magasin, le site enregistre une seule commande par jour et effectue donc un chiffre d'affaires annuel de quelques dizaines de milliers de francs. Les paquets sont transportés en triporteur électrique écologique du magasin jusqu'au domicile du client.
- www.chezemile.com : site implanté à Houilles (78) spécialisé dans le "bio" haut-de-gamme.
- www.la-halle-au-bio.com : spécialisé dans les produits biologiques frais.

- www.natoora.com : référence 500 produits et atteint un chiffre d'affaires de 2 millions de francs dans Paris intra-muros. Les produits sont acheminés sous un délai de 24 heures au domicile du client dans un véhicule électrique comportant des compartiments réfrigérés.
- www.vivrebio.com : site distribuant les grandes marques d'aliments "bio" (*Grillon d'Or, Priméal, Joannusmolen, Borsa, Le Moulin Pivert, la Drôme Provençale, Argiletz, Pierre Cattier*).

www.biomarkets.com, www.biosegur.com, www.viridis.com sont d'autres acteurs du "bio" situé en province et d'importance moindre en terme de chiffre d'affaires⁶⁴⁰.

Ainsi, les sites Internet distribuant des produits biologiques jouent dans l'immédiat un rôle négligeable dans un secteur encore peu développé, d'autant que les sites électroniques enregistrant un certain volume d'affaires sont ceux d'implantations réelles pour lesquelles le commerce virtuel ne constitue qu'une activité annexe et des profits secondaires. Certains observateurs ont qualifié le commerce électronique d'a-spatial⁶⁴¹. Mais, bien au contraire, le net fait apparaître par le truchement des liens, des renvois et des bannières, une nouvelle distance psychologique cette fois et non plus seulement physique⁶⁴². L'internaute qui "surfe", navigue de site en site et se construit mentalement cette distance psychologique en se fondant sur un sentiment de proximité qui dépend de facteurs comme le partage d'une langue commune, la possibilité de contact et de recours en cas de problème,... (les sites régulièrement visités par un individu sont alors considérés comme proches). Pour des raisons de différences culturelles mais également de logistique et de livraison des produits commandés, les distances physiques ne sont pas abolies dans le cybercommerce qui n'est pas réellement global. L'existence de sites adaptés à chaque pays démontre ce fait (ex. amazon.fr, amazon.com,

⁶⁴⁰ BARAY J. (2002) *Le Guide des Produits Bio*, Editions Grancher, Paris.

⁶⁴¹ LORENTZ M. (1998) *Le Commerce Electronique*, Les Editions de Bercy, Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie, p.15.

⁶⁴² VOLLE P. (2000) Du Marketing des Points de Vente à Celui des Sites Marchands : Spécificités, Opportunités et Questions de Recherche, *Revue Française du Marketing*, N°177/178, P.86.

amazon.de). Le commerce électronique ne serait global que si l'offre était la même pour tous et si les clients provenaient du monde entier ce qui n'est généralement pas le cas. Même si les nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) d'une manière générale devraient favoriser l'émergence d'un marketing individualisé ou plus personnalisé (ou marketing one to one), donc sans doute plus efficace, nul ne sait à l'heure actuelle si ceux-ci ne resteront dans l'avenir que de simples améliorations technologiques de la vente par correspondance à l'image du minitel ou s'ils deviendront de véritables nouveaux canaux de distribution⁶⁴³.

La méfiance du consommateur à la fois vis-à-vis d'Internet et des produits biologiques, le problème de la sécurité du paiement électronique et celui du transport feront que ces sites n'auront dans l'avenir proche qu'une envergure commerciale limitée, à moins que l'insécurité alimentaire atteigne un niveau tel que les consommateurs se détournent soudainement de leurs modes traditionnels d'achat pour en adopter d'autres. Un sondage effectué en ligne par le site www.edgdistribution.com auprès d'internautes professionnels de la distribution, indique que 60 % des personnes interrogées, ne voient pas dans le commerce électronique, "l'avenir de la grande distribution", (28 % le voient comme tel et 12 % ne se prononcent pas). Les spécialistes en prospective sentent bien les limites de la vente virtuelle : *"Faire ses courses sur Internet n'est pas plus satisfaisant. Certes, le consommateur n'a pas à se rendre en voiture à l'hypermarché, mais il reste délicat de choisir de bons produits frais ou de l'habillement sur un écran d'ordinateur"*⁶⁴⁴. De plus, pour certains sites, le plus difficile est non pas encore de séduire la clientèle, mais de se voir confier la production d'artisans régionaux qui eux aussi, restent très méfiants face à une distribution de leurs produits sur Internet : le "bio" est en effet pour l'instant plus l'affaire de petits producteurs du terroir que des grands industriels de l'agroalimentaire. La grande distribution s'est, elle aussi, mise timidement au "bio". Mais, les

⁶⁴³ CLIQUET G. (2001) Rôle des NITIC dans l'Evolution des Canaux de Distribution, *Proche-Orient n°13 - Revue de la Faculté de Gestion et de Management*, Université Saint-Joseph, Beyrouth, p.71-93

⁶⁴⁴ BOVET P. (2001) L'hypermarché, le Caddie et le congélateur, *Le Monde Diplomatique*, Mars 2001, p.32.

mauvaises langues en particulier dans cette filière n'hésitent pas à dire que 40 % de produits "bio" en plus dans les rayons des hypermarchés en quelques mois n'est pas chose normale d'autant que la demande dépassait déjà largement l'offre. Ainsi, certains produits des grandes surfaces, étiquetés "bio", ne seraient pas véritablement "bio". Les consommateurs sensibles à cette appellation ne semblent plus se fonder seulement sur l'étiquette AB mais aussi et surtout sur l'identité du producteur ainsi que sur l'origine du produit. Dans ce climat de méfiance, chacun souhaite être rassuré sur ce qu'il achète. Les consommateurs boudent plutôt la grande distribution dans le domaine du "bio", dont la réputation associée à celle de l'industrie agroalimentaire est quelque peu liée aux scandales alimentaires. Les commerces placés sur ce marché de niche très actif que sont les produits biologiques ont donc une véritable opportunité pour se développer et ce déploiement ne passera que par des réseaux de points de vente bien organisés et fonctionnant en phase. La notion d'enseigne est importante, de même qu'une bonne promotion car c'est sous cette bannière commune à tous les magasins d'un réseau que le consommateur va peu à peu acquérir l'envie d'acheter des produits sains sans risque et non dénaturés. Qu'il fasse ses courses chez lui, en vacances ou sur Internet, la marque, l'enseigne est fondamentale pour enfin rassurer le client sur ce qu'il achète et le convertir au "bio".

4.2 La mise en œuvre du traitement du signal et du modèle p-médian

4.2.1 La base de données utilisée

La société d'études de marché et de consommation Consodata a réussi à se constituer, en France, un panel d'enquêtes très important qui comprendrait 75 % des ménages français. Son succès est dû à ses liens étroits avec la Poste : lorsqu'un nouveau ménage s'installe, celui-ci reçoit en principe dans sa boîte aux lettres peu de temps après un formulaire établi par cette société, comprenant environ huit pages de questions sur ses habitudes de consommation, ses marques préférées, ses prévisions d'achat et sur ses intérêts pour certains domaines (sport,

musique, informatique, nature,...). Pour inciter à remplir et à renvoyer le questionnaire, les personnes sondées se voient offrir des coupons de réduction sur leurs achats. De nombreuses sociétés commerciales utilisent les résultats de ces enquêtes pour réaliser des opérations promotionnelles auprès de clients déjà ciblés. En particulier, la société de distribution de produits "bio", Espace "bio" St. Charles, a acquis la base de données de ménages Consodata de l'Ouest parisien, ayant manifesté un réel intérêt pour les produits "bio", qu'ils soient déjà consommateurs de ce type de produits ou qu'ils aient plus tard l'intention éventuelle de se mettre aux produits "bio". C'est à partir de cette base de données constituée d'adresses de personnes anonymes, gracieusement mise à notre disposition par Espace "bio" St. Charles, que nous avons pu réaliser la présente étude d'implantation de supermarchés "bio" à l'Ouest de Paris.

Celle-ci avait les caractéristiques suivantes:

▶	1732	clients potentiels pour	Boulogne-Billancourt	(92100)
▶	952	clients potentiels pour	Issy-Les-Moulineaux	(92130)
▶	398	clients potentiels pour	Neuilly-Sur-Seine	(92200)
▶	517	clients potentiels pour	Paris 7ème	(75007)
▶	3456	clients potentiels pour	Paris 15ème	(75015)
▶	1087	clients potentiels pour	Paris 16ème	(75016)
▶	2069	clients potentiels pour	Paris 17ème	(75017)

soit 10 211 clients potentiels au total parmi lesquels :

▶	femmes mariées.....	42 %
▶	femmes célibataires.....	34 %
▶	hommes.....	24 %

La sur-représentation féminine dans cette base provient sans doute du fait que, d'une part, les femmes auront davantage le loisir de remplir un questionnaire du fait de leur taux d'activité salariée moins fort que chez les hommes, et d'autre part, la perspective de recevoir des coupons de réduction sur des articles de secteurs aussi variés que l'habillement, les cosmétiques ou l'hygiène a sans doute plus d'impact sur la gente féminine. Enfin, il apparaît, sans qu'aucune étude précise ne puisse le confirmer, que les femmes sont plus sensibles pour

elles ou pour leurs enfants, à la santé, à la beauté et à la forme et par voie de conséquence aux produits "bio" qui sont censés mieux respecter l'être humain.

La zone analysée, à fort pouvoir d'achat, a la particularité d'être divisée en deux par une barrière naturelle constituée par le Bois de Boulogne. Seules nous manquaient pour cette étude, les adresses de consommateurs potentiels du VIII^{ème} arrondissement de Paris. Cependant, cet arrondissement a la particularité de comporter une surface très importante de bureaux et en second lieu, de nombreuses aires touristiques (ex. Arc de Triomphe, Champs Elysées) qui limitent considérablement l'espace consacré à l'habitat. Le VIII^{ème} arrondissement où les emplacements commerciaux sont rares et chers, est un secteur à très faible potentiel pour le commerce de proximité, en témoigne le faible nombre d'implantations d'épicerie et de supermarchés traditionnels (voir carte suivante). Ainsi, le fait de ne pas posséder de données relatives à cet arrondissement ne devrait pas nous pénaliser outre mesure.

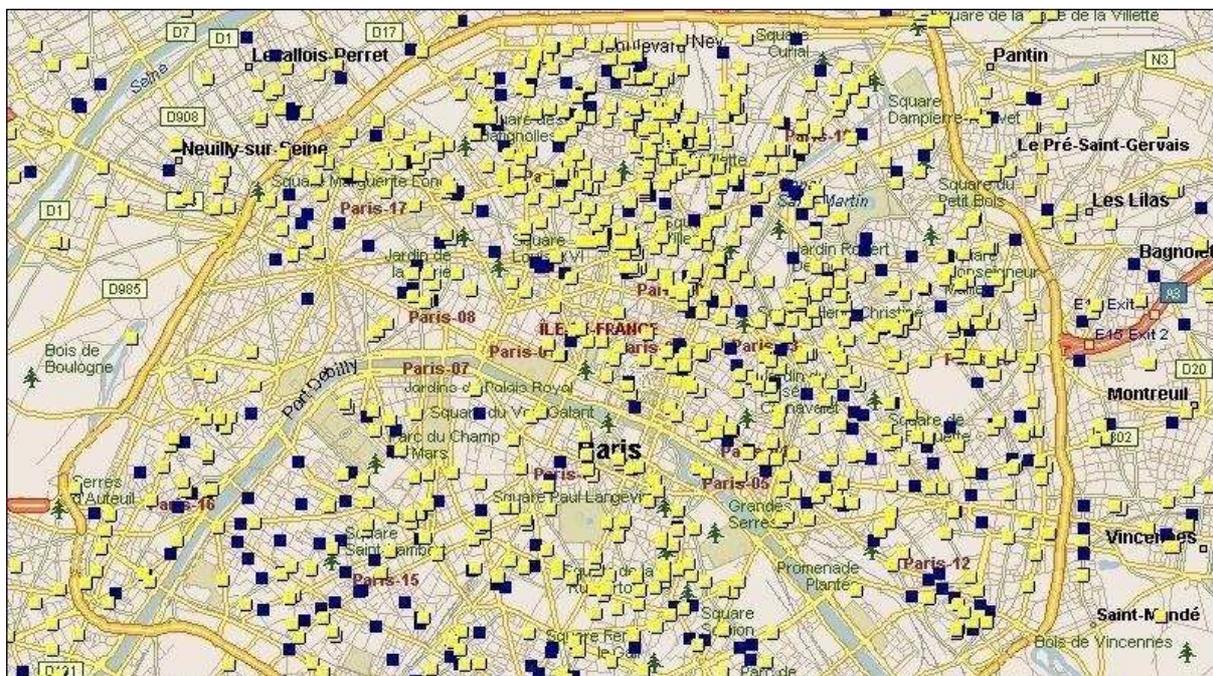


Fig. 4.6 - Les épicerie (en clair ou jaune) et les supermarchés (en foncé ou bleu) à Paris
Source : CD Stratégie & localisation J.Baray - Société Artique

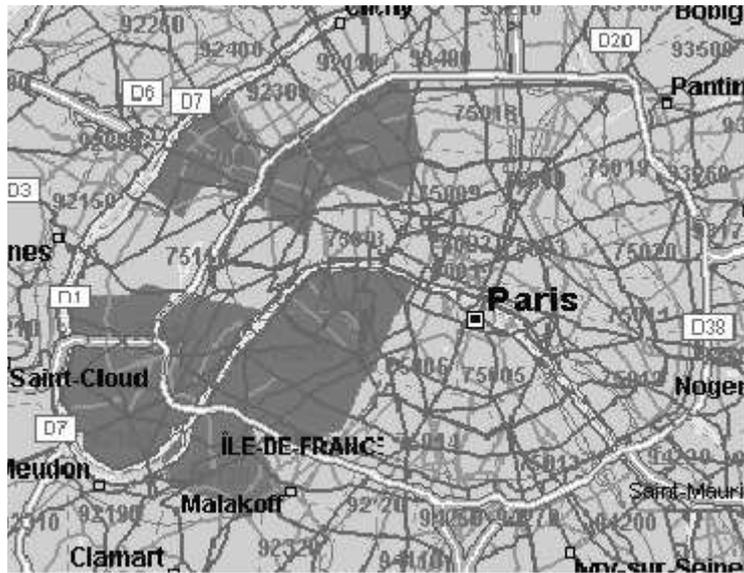
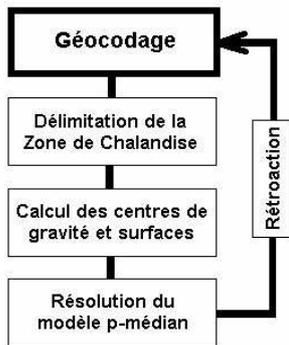


Fig. 4.7 - La zone d'étude en gris foncé dans la région parisienne



Fig. 4.8 - En gris foncé, la zone d'étude de l'Ouest parisien

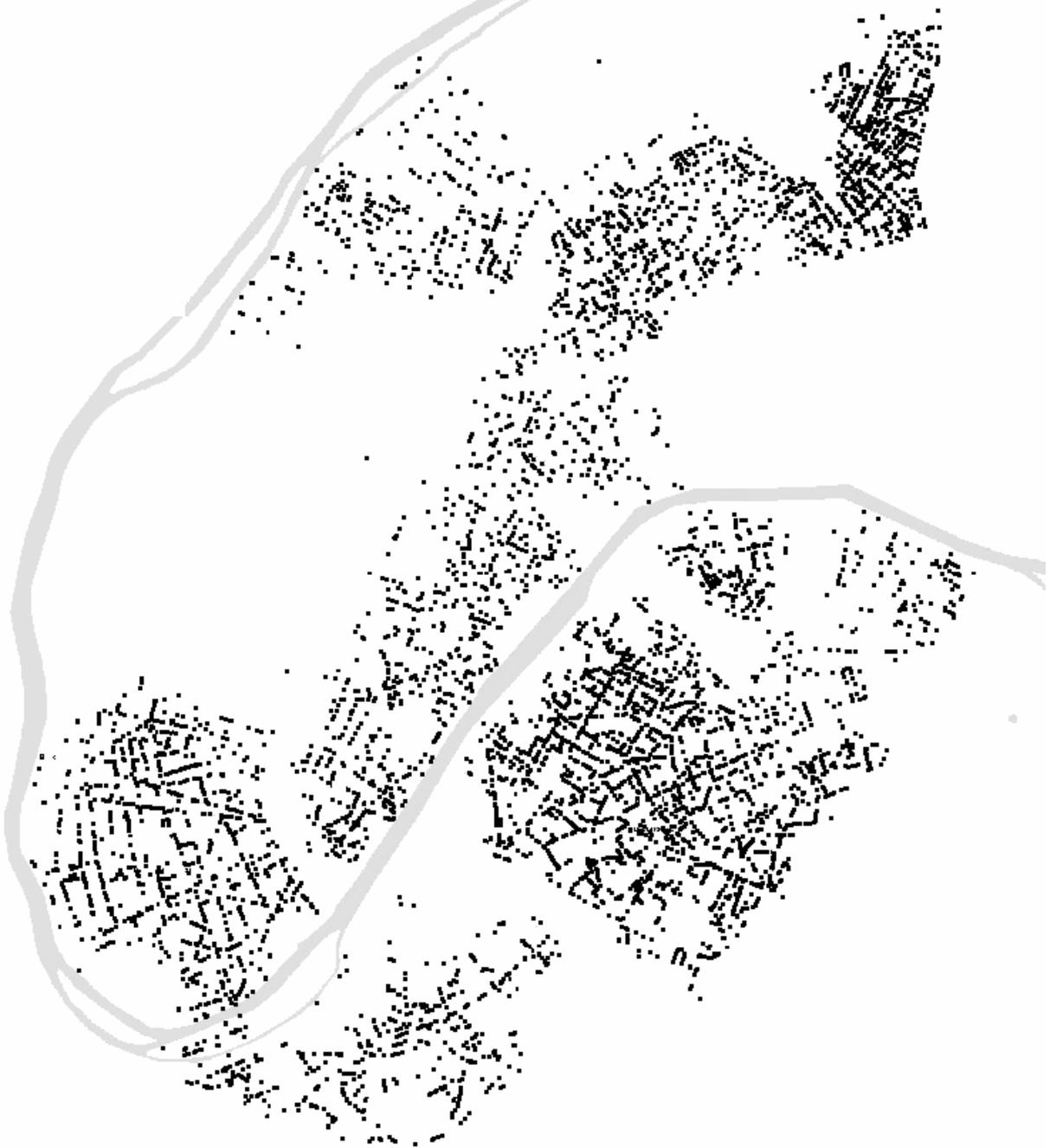
Ainsi que nous l'avons expliqué au chapitre trois, notre méthode se décompose en une phase de géocodage et de représentation des données sur une carte, un filtrage, une phase de délimitation de la zone de chalandise avec détermination des centres de gravité et des surfaces des aires constitutives, puis la résolution d'un modèle p-médian pour déterminer la ou les localisations optimales.



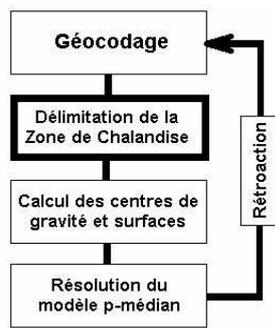
4.2.2 Le géocodage des données

Le géocodage des données a été réalisé avec le logiciel MapPoint 2001 Europe développé par la société Microsoft. Ce programme performant par ses capacités cartographiques, recense 2,7 millions de kilomètres de voies urbaines et interurbaines dans toute l'Europe (données fournies par la société Navigation Technologies). Les fichiers peuvent être importés dans MapPoint sous des formats variés (texte avec tabulation de séparation, Access, Excel). Le logiciel permet également de tracer le plus court chemin entre deux points en empruntant les voies de circulation. Les clients sont repérés par des cercles, des carrés ou d'autres symboles. Nous avons opté pour le carré qui est la représentation la plus petite disponible et qui s'insère au mieux dans le format en quadrillage des images électroniques et de leur représentation électronique matricielle. Le géocodage des 10211 clients par MapPoint a pris 6 minutes. Il a fallu ensuite éliminer le fond de carte et le tracé des voies de circulation ce qui est chose aisée avec un logiciel comme Photoshop ou grâce à n'importe quel programme basique de traitement d'image. Seule, la Seine a été laissée afin de permettre un repérage cartographique. L'espace géographique analysé s'inscrit dans un rectangle de 8 kilomètres d'Est en Ouest sur 9,3 kilomètres du Nord au Sud.

Fig. 4.9 - Géocodage des 10 211 clients potentiels de l'Ouest parisien
Voir Annexe A pour les cartes détaillées par commune



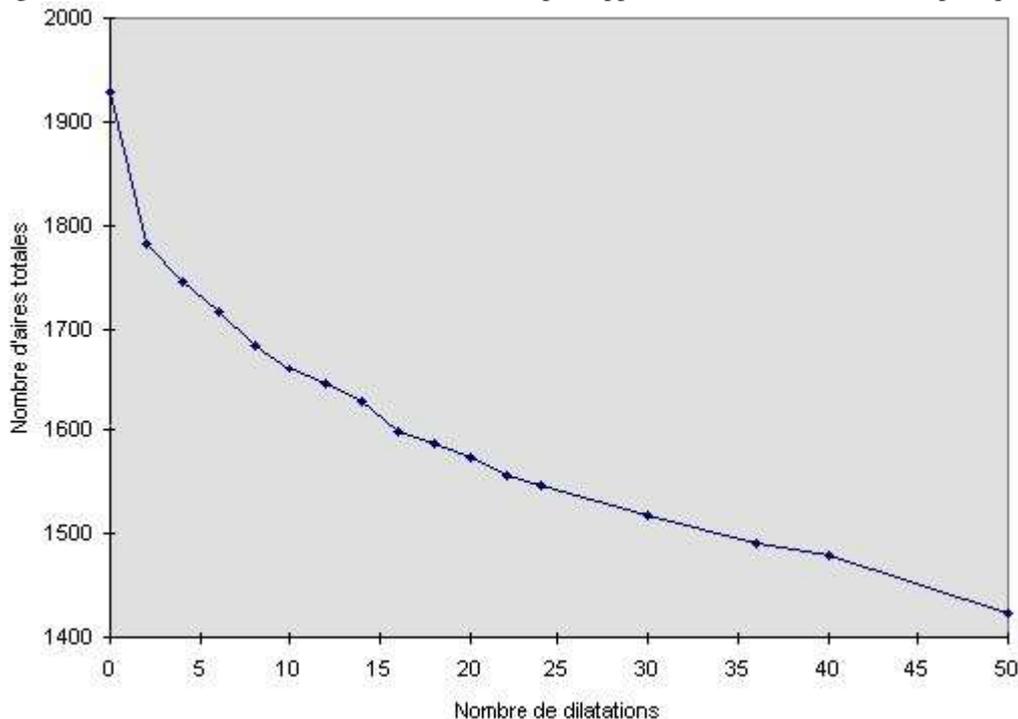
4.2.3 Le pré-traitement des données



Le pré-traitement des données de la carte de points obtenue est destiné à homogénéiser les parties texturées de manière à y distinguer les formes de la zone de chalandise. Etant donné que le nombre de clients potentiels est assez mince (environ 10 000), la densité des points est relativement faible, surtout dans les arrondissements à plus faible population et potentiel réduit comme le 16^{ème} arrondissement : les points-clients sont assez espacés les uns des autres. Il convient pour homogénéiser la répartition de la clientèle et mieux distinguer les amas denses de clients constituant la zone de chalandise, d'utiliser un filtre qui va relier les zones de clientèle pratiquement adjacentes et combler les petites lacunes géographiques (petits îlots dépourvus de clients). Le filtre de dilatation vérifie ces conditions en ce sens que si au moins quatre voisins d'un point central blanc sont noirs alors cette transformation convertit ce point en noir. La dilatation établit des connections entre des objets voisins mais discontinus tout en lissant les objets de l'image (la dilatation peut être comparée à des tâches d'encre qui s'étalent graduellement en étant absorbé par un papier buvard). Les autres filtres non-morphologiques des types Nagao, moyenne, sigma ou médian ne conviendraient pas bien dans notre cas puisque la carte étudiée est très fragmentée en petits points (les points clients) et que ces filtres n'agissent convenablement que sur des images plus uniformes avec des objets plus contigus (voir §3.2.3 et exemple). Or, on constate que dans sur la carte ci-dessus, la densité des points varie dans l'espace, mais n'est finalement pas encore suffisante pour distinguer les formes pleines de la zone de chalandise. La dilatation étant ainsi une transformation adaptée à notre problématique, nous l'avons exécutée sur la cartographie des points géocodés à l'aide du logiciel SCI développé par la société américaine SCI Corp. pour la reconnaissance de forme et l'imagerie scientifique. Mais, ce filtre se doit d'être appliqué de manière adéquate pour réussir à joindre les parties isolées et distinguer sur la carte

des aires homogènes et denses en terme de clientèle. La dilatation peut en effet être pratiquée par de multiples itérations successives (voir dessin du chapitre 4.2.3.2 plus loin). L'effet de cette transformation sur le nombre d'aires de la zone de chalandise apparaît clairement sur la figure 4.10. Logiquement, en établissant des connections entre les aires voisines qui grossissent peu à peu, le nombre de ces aires diminuent au fur et à mesure des dilatations effectuées, comme on peut l'observer sur la figure 4.10.

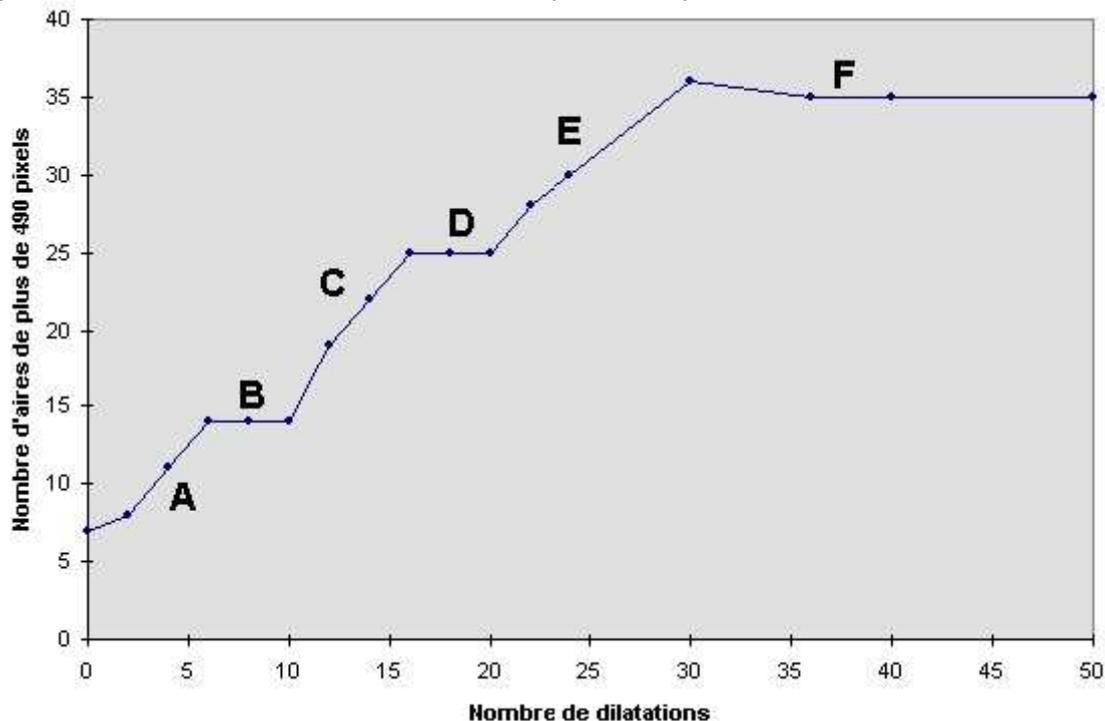
Fig 4.10 - Nombre d'aires de la zone de chalandise par rapport au nombre de dilatations pratiquées



Mais, ce graphe ne rend pas compte du phénomène intéressant qui se déroule lors de dilatations successives, à savoir, la formation d'aires homogènes d'importance conséquente. Chaque dilatation s'accompagne d'un grossissement des aires dont la surface progresse de manière exponentielle. Ainsi, une aire qui a une surface de quelques pixels la verra croître selon le carré du nombre de dilatations pratiquées. Un schéma plus révélateur du processus sous-jacent qui se déroule au cours de cette transformation consiste à représenter le nombre d'aires ayant une taille "importante" en fonction du nombre de dilatations pratiquées (les aires supérieures à 500 pixels, suffisamment grandes, sont en effet celles où la densité locale

correspond à la densité moyenne de la zone - voir chapitre suivant). On remarque que le processus est en escaliers avec des parties pour lesquelles l'apparition de grandes aires croît de manière importante (partie A, C et E sur le graphe), et d'autres parties de la courbe où ce nombre de grandes aires reste stable quel que soit le nombre de dilatations effectuées (parties B et D essentiellement). Les parties C et E où la fonction est croissante font en effet naître par un remplissage progressif de l'espace, des connections entre des aires qui étaient très rapprochées et qui ont alors fusionné pour engendrer des aires de tailles plus importantes. A la suite de ces transformations qui ont mis en évidence des aires importantes d'équidensité importante de clients, les autres segments B et D du graphe présentent une stabilité en nombre d'aires par le fait que les aires les plus petites sont trop éloignées les unes des autres pour donner naissance à une aire plus grande même par remplissage du plan. Il faut dépasser ces barrières en pratiquant de nombreuses dilatations supplémentaires pour créer de nouvelles aires, un peu comme si on devait rajouter pas seulement un peu mais beaucoup d'encre sur une feuille de papier buvard pour voir toutes les taches précédemment apparues, fondre en de plus imposantes.

Fig 4.11 - Nombre d'aires de la zone de chalandise de plus de 490 pixels en fonction du nombre de dilatations



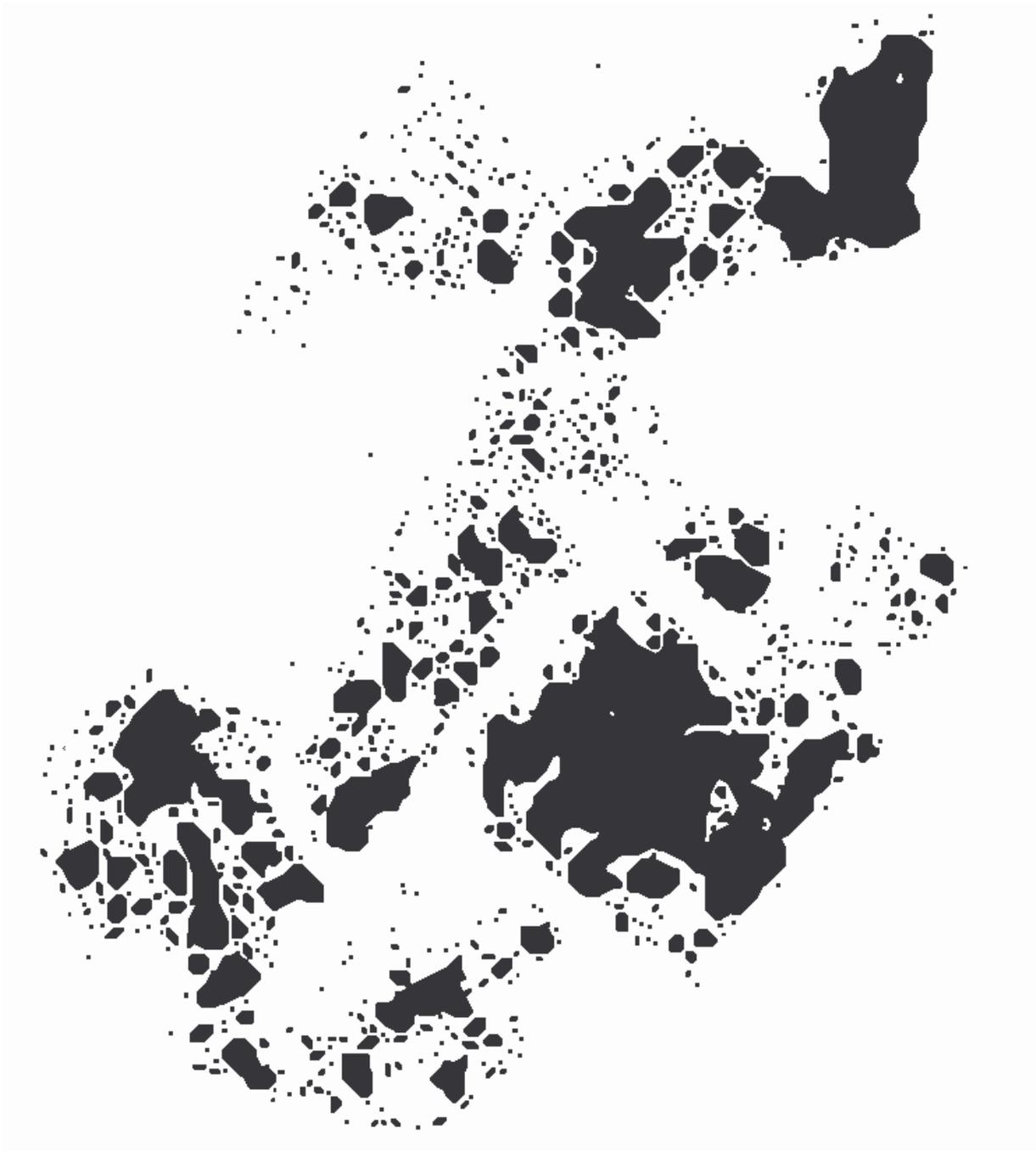
Ces taches d'encre ou clients ne s'agglomèrent que si leur présence est suffisamment importante sur le terrain pour que des liaisons puissent se créer entre eux lors des dilatations successives. Le processus de dilatation permet non seulement de lisser les formes, mais fait apparaître les aires où la densité de clients dépasse un certain niveau. Les aires très proches les unes des autres au début ont fini par se rejoindre en majorité et à former des aires homogènes. Le processus de transformation ayant consisté à effectuer au moins 6 dilatations (de 6 à 10 dilatations) puis au moins 16 (de 16 à 20 dilatations) fait apparaître deux paliers correspondant à des densités de clientèle différentes. La partie F du graphe apparaît également comme un palier, mais n'est en fait que le point où les dilatations successives ayant rempli une grande partie du plan, amorce alors une décroissance en nombre total d'aires, même les aires les plus grosses collant les unes aux autres. Cette partie est moins intéressante dans l'immédiat car au delà de 30 ou 40 dilatations, une grande partie du plan est envahie par les aires de chalandise difficilement interprétables du moins en analyse de l'existant (poursuivre le processus aussi loin ne conduirait de plus qu'à lier des aires qui au départ n'étaient pas du tout voisines les unes des autres). En accroissant ainsi la superficie des aires, on force artificiellement l'étendue des aires de chalandise et de les faire déborder de leurs limites initiales, et l'on ne se contente plus seulement de remplir les interstices entre les points-clients. Une application intéressante est de réaliser suffisamment de dilatations de manière à se situer dans la zone F de la courbe et de réaliser des prospectives d'extension des aires de chalandise et de leur densification en terme de clientèle. Il faut alors prendre une hypothèse de croissance du marché local à court, moyen ou long terme et répercuter cette vitesse sur le nombre de dilatations effectuées (de la même manière qu'une tache d'encre se répand plus ou moins vite en fonction du support papier ou buvard qu'elle imprègne).

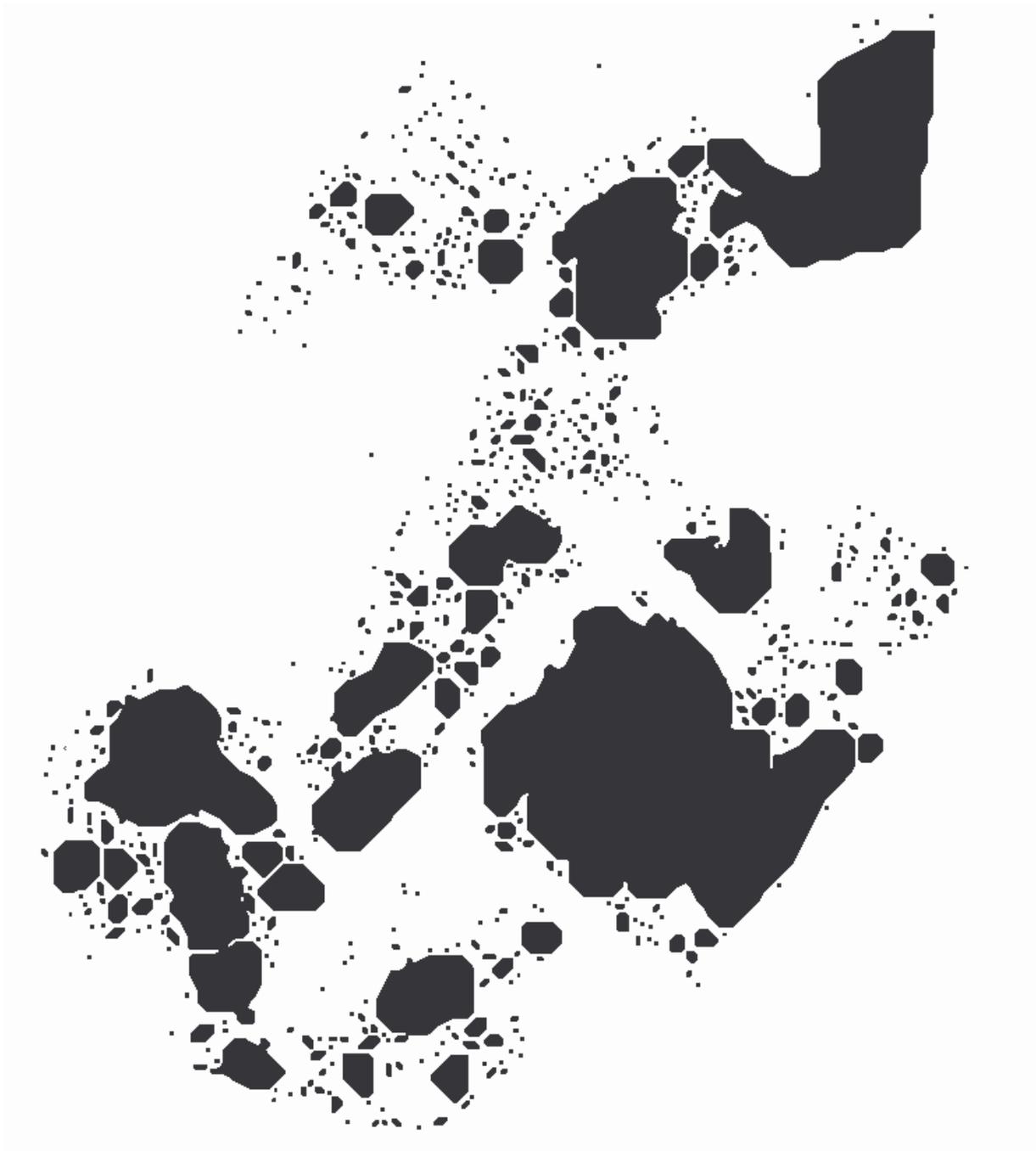
Fig. 4.12 - Dilatation x 6

Dilatation x 30

Dilatation x 50







La figure précédente montre différentes étapes de la dilatation. Une dilatation réitérée 50 fois ayant absorbé toutes les aires petites ou grosses montre un état de saturation du marché en nombre de clients. Les seules régions encore vierges de clients (en blanc) sont pratiquement celles ne comptant aucun habitant. Les formes pleines sans aucune découpe indiquent une forte densité de la clientèle en tout point où initialement il ne résidait seulement que quelques rares clients. Sans doute, le phénomène de dilatation correspond bien à la progression

classique du marché et à son cycle de vie du moins jusqu'à la décroissance qui ne peut être prévue par cette seule transformation (il faudrait alors utiliser la transformation morphologique inverse d'érosion).

Mais, revenons sur ces deux paliers B et D qui révèlent chacun les aires possédant une densité de clients supérieure à un certain niveau. Le premier correspond en fait à une densité de 1358 clients au km² et la deuxième à un niveau de 1205 clients au km². Ce qui signifie que dans le premier cas, la "tache" a absorbé toutes les zones géographiques comportant au minimum 1358 clients/km² (niveau B) et 1205 clients/km² dans le second cas (niveau D). Ainsi, nous retrouvons en fait deux éléments de la zone de chalandise détectés automatiquement, c'est-à-dire, la zone primaire correspondant au palier B et la zone secondaire correspondant au palier D (voir §1.1 pour les définitions des zones primaire et secondaire). Si l'on observe sur les dessins des formes dilatées suivantes, on remarque que ceux-ci diffèrent par l'ajout des aires 2, 5, 6, 7, 8, 9, 14, 18, 21, 24, 25 (*numérotation du 2ème dessin*) qui correspondent aux aires de la zone secondaire de chalandise avec une densité de clients comprise entre 1205 et 1358 clients/km² (le nombre d'aires passant de 14 à 25) alors que les aires 1, 3, 4, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 19, 20, 22 et 23 correspondent à la zone primaire avec une densité de clients supérieure à 1358 clients/km² (sur le second dessin toujours).

Fig. 4.13 - Filtrage de points-clients par 10 dilatations



Fig. 4.14 - Filtrage de points-clients par 20 dilatations



Que l'on choisisse les cartes ayant subi 6, 7, 8, 9 ou 10 dilatations d'un côté pour l'analyse de la zone primaire et possédant les mêmes aires ou d'un autre côté de 16 à 20 dilatations pour les zones primaires et secondaires ne change rien pratiquement à la superficie globale de chaque aire (le remplissage des interstices est plutôt limité à ce niveau, mais se concentre à la frontière des aires). Cependant, nous préférons dépasser l'amorce des paliers B et D en choisissant les dilatations plus proches de la 10^{ème} ou de la 20^{ème} que de la 6^{ème} ou de la 10^{ème}. Il ne faut pas en effet oublié que le phénomène de dilatation s'accompagne également d'un lissage des formes qui est prépondérant en ce qui concerne les paliers B et D étant donné qu'il n'y a plus de créations de connections entre les aires d'importance. Ce lissage mettra mieux en évidence par la suite les contours de la zone de chalandise. Ainsi, si la création de nouvelles aires dans les zones A et C de la courbe nombre d'aires/dilatations s'est accompagnée de la formation de connections entre des régions de clientèle voisine, les paliers B et D favorisent plutôt l'ajout de points en périphérie des aires et éventuellement au voisinage des connections nouvellement formées pour avoir tendance d'une manière générale à régulariser les contours de la zone de chalandise. Ainsi, nous retiendrons dans la suite plutôt, la 10^{ème} dilatation pour la zone primaire et la 20^{ème} dilatation pour l'ensemble de la zone de chalandise (zone primaire et secondaire) qui présentent des formes plus régulières que celles des images de 6^{ème} et de la 16^{ème} dilatation.

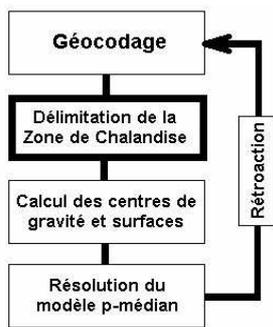
En résumé, nous dirons que le critère fondamental qui nous permet de sélectionner telle ou telle région comme faisant partie de la zone de chalandise porte essentiellement sur la notion de densité de clients révélatrice d'un certain potentiel commercial. Les niveaux de densité de clientèle correspondant aux caractéristiques de la zone de chalandise ne sont pas déterminés aléatoirement ou de manière subjective mais bel et bien par les dilatations successives qui font apparaître cette zone à certaines étapes bien particulières du processus de transformation morphologique correspondant à des valeurs de densité de clientèle précises. Partant de ces

principes, nous nous proposons donc d'introduire une nouvelle définition de la zone de chalandise par rapport aux nombreuses approches existantes (voir §1.2), fondée sur la notion de densité à savoir que : la zone de chalandise est l'aire géographique d'influence où la densité de clientèle dépasse un certain seuil.

Fig. 4.15 - Le filtrage par 20 dilatations superposé à la carte des rues et aux points-clients



Ce seuil est de 1205 clients/km² dans notre exemple. L'étape suivante de notre analyse sera de détecter les frontières de la zone de chalandise sachant que la transformation de dilatation nous a considérablement facilité la tâche en faisant apparaître les aires d'équidensité de clientèle. Les dilatations ont en parallèle accentué leurs contours. Ces contours qui au début étaient plutôt flous avec une évolution graduelle de la densité en passant de l'extérieur vers l'intérieur de la zone de chalandise sont devenus nets avec un saut de valeurs en marche d'escalier (on passe de 0 à 1205 clients/km² en franchissant la frontière et en entrant dans la zone de chalandise). L'opérateur de convolution et un filtre Sobel nous permettra donc aisément de tracer les limites de cette zone.



4.2.3.1 La délimitation de la zone de chalandise

La délimitation proprement dite a été effectuée grâce à un filtrage par convolution de l'image avec une matrice. Nous avons en l'occurrence le filtre Sobel mis en œuvre avec le logiciel de traitement d'image de la société SCI. Pour rappel, le principe

mathématique d'une délimitation des formes par filtrage et convolution est le suivant : les contours des aires constitutives de la zone de chalandise sont détectés à l'aide de deux convolutions de la matrice image par un opérateur Sobel qui permet de générer des dérivées horizontales et verticales. Le résultat est la racine carrée de la somme des carrés des deux matrices convoluées. Les matrices 3x3 des opérateurs Sobel horizontaux et verticaux sont données par :

$$\begin{array}{ccc}
 1 & 2 & 1 \\
 0 & 0 & 0 \\
 -1 & -2 & -1
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{ccc}
 1 & 0 & -1 \\
 2 & 0 & -2 \\
 1 & 0 & -1
 \end{array}$$

Fig. 4.16 - Délimitation des aires constitutives de la zone de chalandise



La carte 4.17 montre à titre d'exemple quel aurait été le résultat de la délimitation selon la méthode analogique (§1.3.2.1) qui sous-tend que la zone de chalandise est à frontière

circulaire et qu'elle rassemble 80 % des clients ⁶⁴⁵. Nous avons pris comme centre de la zone de chalandise le centre de gravité de l'ensemble des clients. Il apparaît clair que le cercle couvre très largement un grand nombre d'aires comportant peu de clients et d'aires non-habitées dont le Bois de Boulogne, ce qui rend l'appréciation par cette méthode de la zone de chalandise censée représenter les régions les plus riches en clientèle très peu fiable.

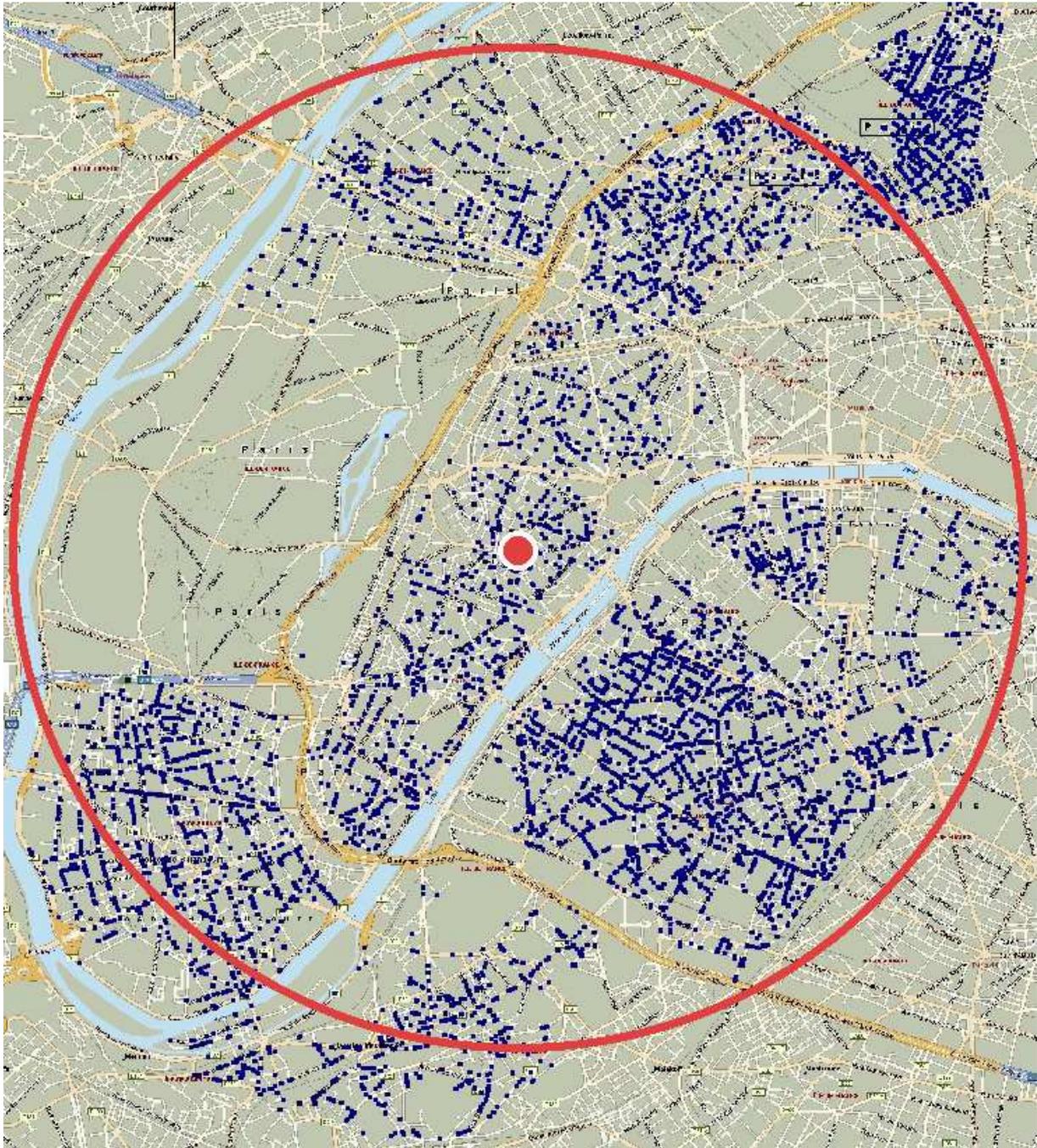
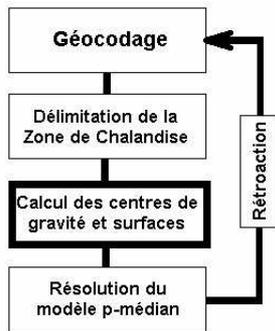


Fig. 4.17 - Délimitation de la zone de chalandise selon la méthode analogique (cercle)

⁶⁴⁵ APPLEBAUM W. et GREEN H.L. (1974) Determining Store Trade Areas, *Handbook of Marketing Research*, edited by R. Ferber NY Mac Graw Hill, pp 4.313-4.323.

4.2.3.2 L'analyse de la zone de chalandise

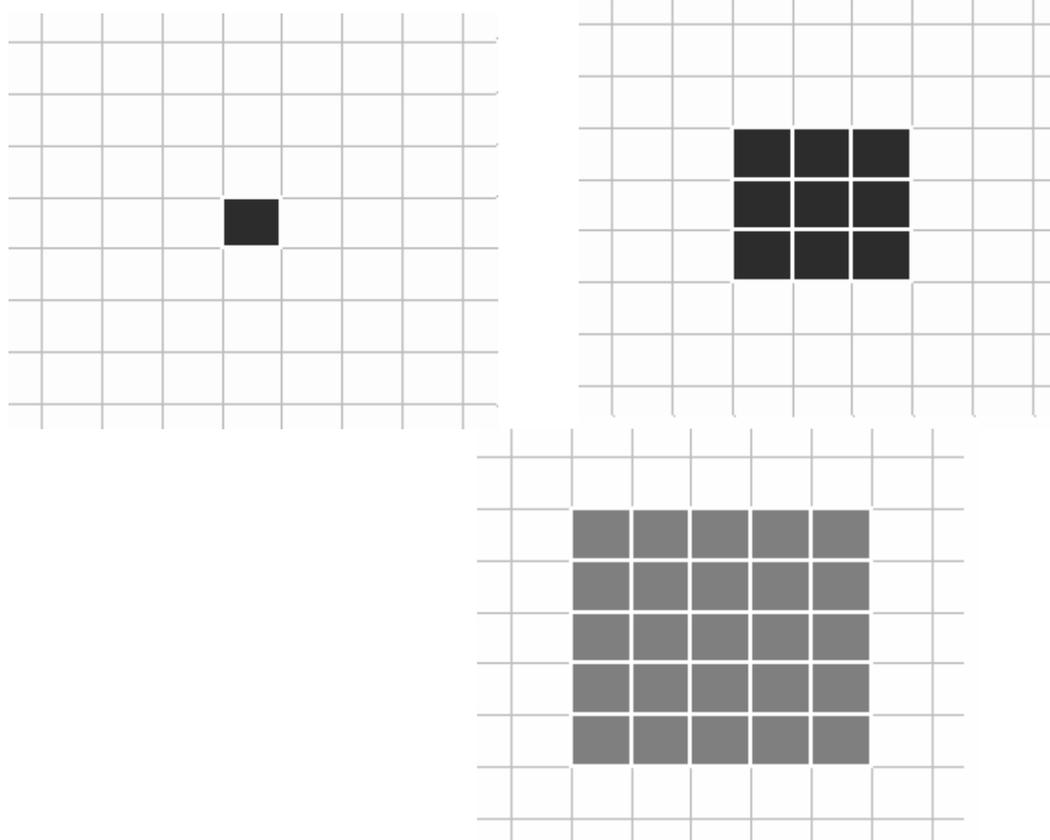


Les aires délimitées sont alors numérotées et analysées en termes de superficie et de centres de gravité toujours avec le logiciel SCI selon l'algorithme de parcours de l'image donné au chapitre 3. Le nombre total d'aires au départ était avant dilatation, de 1928 et l'on pourrait très bien résoudre le modèle p-médian initial en prenant

comme nœuds le centre de gravité de toutes ces aires. Le problème de localisation serait déjà simplifié par rapport aux 10211 clients ou nœuds initiaux. Mais, on remarque que les aires se divisent en deux catégories : les grandes aires qui comptent plusieurs dizaines de clients et les nombreuses petites aires qui en compte moins qu'une dizaine et souvent un ou deux. Or, si l'on s'en réfère à notre définition générale de la zone de chalandise à savoir, une zone géographique possédant une densité de clients élevée, les aires ne comptant que quelques clients ne devraient logiquement pas vraiment lui appartenir. En effet, à l'extrême, la densité locale de clientèle en un point de l'espace géographique correspondant à un client unique est infinie en théorie (la surface de ce point est nulle alors qu'il y a présence d'un client, la densité en clientèle est donc infinie). Mais, le fait que cette densité locale soit infinie au niveau d'un client unique isolé s'accompagne d'une faible densité de clientèle en moyenne au voisinage de cette région qui ne compte pas d'autres clients à proximité. Il faut de plus au minimum trois clients non alignés pour définir une aire géographique digne de ce nom dans laquelle on pourra définir une densité. Ainsi, tous les points uniques ou même les petites aires n'indiquent pas finalement la présence d'une grande densité de clientèle dans le quartier, mais juste une concentration localisée de clients au niveau de quelques habitations voisines sans aucun autre potentiel commercial autour. Ces petites aires doivent donc être retirées de notre analyse de la zone de chalandise.

Nous ferons ainsi abstraction des aires ne comptant qu'un client et des petits rassemblements isolés de quelques clients soit un client entouré de quelques autres (voir le schéma suivant représentant 1 client unique et un client entouré d'autres en configuration minimale soit 3 x 3), c'est-à-dire occupant un carré de surface inférieure à celles de 25 clients juxtaposés (5 x 5). Compte-tenu de la densité de 1205 clients/km², cette surface minimum acceptable de 25 points-clients correspond donc à un carré de 150 mètres sur 150 mètres soit à 490 pixels sur la carte dilatée (on trouve un client en moyenne environ tous les trente mètres dans la zone de chalandise et chaque client occupe alors 19,6 pixels environ).

Fig. 4.18 - Aire d'1 point client, de 9 points-clients et de 25 points-clients



Si l'on compare l'éloignement moyen des aires, on s'aperçoit de plus que celles-ci sont séparées les unes des autres de 150 mètres et que les aires les plus petites sont encore

davantage isolées que les autres (par des distances de 400 à 600 mètres pour des aires inférieures à 40000 m²). Même si l'on ne connaît pas précisément la distance que sont prêts à parcourir les clients des magasins "bio", on peut considérer sans trop se tromper que ce type de commerce distribuant des produits alimentaires courants appartient à la catégorie des magasins de proximité. Toute personne connaissant quelque peu Paris et sa proche banlieue n'ignore pas de plus que, compte-tenu des difficultés de stationnement, les clients n'empruntent que très rarement leur véhicule pour faire leurs courses. Les statistiques montrent également que seuls 9% des clients des petits commerces et des supermarchés situés dans un tissu urbain font leurs courses en voiture⁶⁴⁶. Ainsi, nous considérerons que les magasins "bio" que nous cherchons à localiser, s'adresseront en premier lieu à une clientèle de proximité prête à parcourir quelques centaines de mètres à pied ou en métro et que donc il sera préférable de localiser un tel point de vente dans des aires isolées contenant plus que quelques dizaines de clients. Cela n'exclut en rien les cas courants de personnes qui, le plus souvent à cause de la rareté de l'offre, se rendent dans des commerces "bio" à plusieurs kilomètres de leur lieu d'habitation (certains clients réguliers parcourent en effet plusieurs kilomètres une fois par semaine pour faire leurs emplettes dans un supermarché "bio" selon l'aveu même du directeur d'EspaceBio St. Charles).

Mais, l'argument le plus flagrant pour faire abstraction de ces petites aires assez nombreuses réside surtout dans le fait que ce saupoudrage de clients uniformément répartis en minuscules clusters dans l'espace géographique correspond à un éparpillement normal et équilibré de personnes susceptibles d'acquérir des produits "bio", mais sans véritable potentiel si l'on considère individuellement ces regroupements. En l'occurrence, notre champ géographique d'analyse est composé de deux éléments de clientèle superposés : premièrement, ces clients étalés de manière homogène dans l'espace et isolés les uns des autres par des distances

⁶⁴⁶ BOVET P. (2001) L'hypermarché, le Caddie et le congélateur, *Le Monde Diplomatique*, Données fournies par l'Ademe, Mars 2001, p. 32.

supérieures à 150 mètres et deuxièmement, des aires atypiques importantes en surface et à forte concentration de clients potentiels. La mesure de l'autocorrélation spatiale en différentes zones du plan dans lesquelles ne sont présentes que ces petits regroupements, montrent en effet leur répartition aléatoire. On a déterminé grâce au logiciel SCI, les coordonnées des petits clusters dans ces régions ainsi que leurs aires servant ultérieurement de pondération (voir les trois régions sélectionnées sur les dessins ci-dessous). Le logiciel Spatial⁶⁴⁷ mis au point par le laboratoire de biologie de l'université de Montréal nous a ensuite permis de calculer de coefficient I de Moran⁶⁴⁸. Ce coefficient largement utilisé dans la littérature pour mesurer la répartition aléatoire ou non dans l'espace de variables géographiques a servi par exemple pour évaluer le caractère dangereux de certains tronçons de routes^{649 650}, dans les modèles de déplacement urbain⁶⁵¹ ou même pour les tissus cellulaires⁶⁵². Une valeur positive de l'indice de Moran montre une autocorrélation spatiale positive, une valeur négative, une autocorrélation négative et une valeur nulle, une absence d'autocorrélation spatiale.

Fig. 4.19 - Régions échantillons ne comptant que de petites aires servant au calcul de l'indice de corrélation spatiale



Ce coefficient d'autocorrélation spatiale mesuré au lieu i a pour expression :

⁶⁴⁷ Logiciel Spatial mis au point par l'université de Montréal et le Professeur P. Legendre - <http://biol10.biol.umontreal.ca/mnorton/stats.html>

⁶⁴⁸ MORAN P. (1948) The Interpretation of Statistical Maps, *Journal of the Royal Statistical Society B*, N°10, 1948, p. 243-251

⁶⁴⁹ FLAHAUT B. (2000) Impact de l'Aménagement du Territoire sur la Sécurité Routière Durable : Analyse de la Situation Belge - Concentration Spatiale des Accidents de la Route, *Projet SSTC MD/10/042*, Centre d'Analyse Spatiale et Urbaine, Université Catholique de Louvain,

⁶⁵⁰ FLAHAUT B. (2001) L'autocorrélation spatiale comme outil géostatistique d'identification des concentrations spatiales des accidents de la route, *CYBERGEO*, n° 185

⁶⁵¹ BANOS A. (2001) Enhancing mobility behavior analysis using spatial interactive tools and computer intensive methods, *Geographic Information Sciences*, Vol. 7, N° 1, pp. 35-41

⁶⁵² SOKAL R., ODEN N., THOMSON B. (1998) Local spatial autocorrelation in a biological model, *Geographical Analysis*, Vol. 30, n° 4, pp. 331-353

$$I_i = Z_i \sum_j w_{ij} Z_j \quad \text{et} \quad Z_i = x_i - \bar{x}; Z_j = x_j - \bar{x}$$

l'indice de Moran global prenant alors pour forme :

$$I = \sum_i I_i = \sum_i Z_i \sum_j w_{ij} Z_j$$

avec x_i : la quantité mesurée au point i qui évolue dans l'espace géographique, ici la surface des aires,

\bar{x} : la valeur moyenne des x_i ,

w_{ij} : la distance pondérée entre le point i et le point j ,

Cet indice nous donne pour la première classe de distances des aires les unes par rapport aux autres (l'indice a été calculé par Spatial en considérant chaque point par rapport à ses plus proches voisins) une valeur de 0,0304, donc très proche de zéro confirmant donc l'hypothèse de la répartition aléatoire de ces petites aires. On remarquera aussi en observant la carte dilatée, que les petites aires sont effectivement réparties de manière homogène autour des aires plus importantes.

Le deuxième type d'aires au contraire massives indique une irrégularité de l'espace et constitue la véritable source d'un potentiel commercial pour les magasins "bio" qui va véritablement influencer le positionnement des points de vente. En imaginant, à la manière de Christaller, un espace uniforme et infini dans lequel les clients seraient uniformément répartis, on se rend compte que ce manque d'"originalité" dans ses caractéristiques fait que finalement, n'importe quel site dans ce monde idéal en vaudrait un autre pour y fonder un commerce. S'il venait à se constituer dans ce type d'espace socio-économique utopique un ou plusieurs regroupements de clients potentiels, c'est avec cette nouvelle donnée qu'il faudrait compter pour y créer des points de vente qui sans aucun doute, ne pourraient plus alors être répartis aléatoirement. Notre raisonnement ne se fonde pas sur la présence ou non de clients, mais plutôt sur les variations de leurs densités de présence dans l'espace, densités révélées par le processus de dilatation précédemment utilisé et par la délimitation des aires peuplées de

clients ou zone de chalandise. Ainsi, les aires importantes bénéficiant ultérieurement d'une implantation commerciale seront assez bien centrées par rapport à la clientèle marginale des aires plus petites qui pourra fréquenter le magasin "bio", certes un peu plus éloigné, mais tout de même relativement proche de leur domicile. Le fait de ne pas prendre en compte ces petites aires n'est donc également pas un problème pour cette raison de symétrie (les grandes aires à potentiel commercial ayant une densité élevée en clientèle "baignent" en l'occurrence dans un milieu géographique formé par ces petites aires de densité de clientèle aussi homogène mais beaucoup plus faible). D'un autre côté, mais cela n'est pas gênant, il nous faut aussi compter avec le manque de capacité du logiciel de résolution du modèle p-médian à notre disposition, que nous verrons plus tard. Celui-ci ne permet en l'occurrence de ne résoudre que des modèles limités à 50 nœuds. Ainsi, pour toutes ces raisons, nous choisirons d'ignorer les aires de surface inférieure à 2500 m² soit 490 pixels sur l'image (correspondant à une aire de 150 mètres X 150 mètres et à seulement 25 clients) dans notre recherche de localisation, le potentiel commercial de clients vivant au sein de ces petites aires souvent bien isolées étant trop faible pour être pris en compte dans notre recherche de localisations commerciales. On a ainsi détecté 25 aires d'importance et bien isolées où la densité des clients potentiels est forte. Les aires d'importance sont associées à des numéros sur la carte qui suit.

Fig. 4.20 - Numérotation et repérage du centre de gravité des aires constitutives de la zone de chalandise



Nous obtenons ainsi le tableau de valeurs 4.1, où les caractéristiques de chaque aire sont détaillées.

AIRE	Superficie	X	Y
1	9138	812	105
2	517	631	117
3	971	736	151
4	730	757	175
5	638	568	206
6	754	604	226
7	1033	578	266
8	501	654	514
9	727	679	521
10	9809	599	673
11	943	631	639
12	2752	515	664
13	789	138	654
14	533	459	672
15	809	755	691
16	557	529	709
17	559	519	739
18	535	207	745
19	609	501	764
20	640	576	774
21	704	715	792
22	1781	667	806
23	726	543	798
24	536	593	803
25	533	146	805

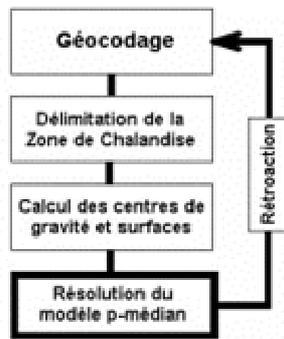
Tableau 4.1 - Caractéristiques de chaque aire

La signification des paramètres du tableau 4.1, mesurés en pixels est la suivante:

- superficie : superficie de l'aire en nombre de pixels ;
- X, Y : coordonnées du centre de gravité de l'aire. L'origine est prise en haut et à gauche de la carte, l'axe des Y étant orienté vers le bas et l'axe des X vers la droite ;
- majeur, mineur : longueur des axes principaux de l'ellipse exinscrite ;
- angle : angle en degrés de l'axe principal de l'ellipse exinscrite (ellipse enveloppant l'aire).

Les 25 aires formeraient donc la zone de chalandise pour un ou plusieurs points de vente de produits biologiques. La densité de clients dans ces aires est pratiquement constante ce qui fait

que leur superficie est en définitive révélatrice de la demande. C'est donc la superficie (niveau de la demande) de chaque aire associée aux coordonnées de leur centre de gravité (nœuds) qui formeront les caractéristiques du réseau du modèle de localisation-allocation.



4.2.3.3 La construction et la résolution du modèle p-médian correspondant

Le logiciel Sitation, utilisé pour résoudre le modèle p-médian correspondant à notre problématique, a été développé par le Professeur Mark S. Daskin du Département d'ingénierie industrielle de l'Université Northwestern à Evanston dans

l'Illinois. Daskin, auteur de plusieurs ouvrages de références ⁶⁵³ est en outre un grand spécialiste des modèles de localisation-allocation.

Les paramètres que nous avons introduits dans le modèle p-médian sont les coordonnées (X, Y) des centres de gravité des nœuds à partir desquels le logiciel Sitation calculera les distances inter-nœuds en utilisant la distance euclidienne. Chaque nœud, centre de gravité d'une aire, pourra constituer un emplacement potentiel pour l'ouverture d'un point de vente "bio". Le potentiel de l'aire est représenté par son importance en terme de superficie (plus une aire est étendue, plus elle compte en principe de clients potentiels, clients recensés dans l'enquête ou clients n'ayant pas répondu au questionnaire). Nous avons associé à chacun de ces nœuds un coût d'ouverture qui est le prix moyen au m² des surfaces commerciales (source: chambre des notaires de Paris, prix au m² en 2000).

⁶⁵³ DASKIN M. S. (1995) *Network and Discrete Location: Models, Algorithms and Applications*, John Wiley and Sons, Inc., New York.

AIRE	Prix du m ²	Quartier ou Commune
1	11 755 F	Paris 17ème Epinettes
2	18 861 F	Paris 17ème Plaine Monceau
3	15 372 F	Paris 17ème Batignolles
4	15 372 F	Paris 17ème Batignolles
5	19 823 F	Paris 17ème Ternes
6	19 823 F	Paris 17ème Ternes
7	19 823 F	Paris 17ème Ternes
8	22 894 F	Paris 7ème Gros-Caillou
9	22 894 F	Paris 7ème Gros-Caillou
10	18 201 F	Paris 15ème Grenelle
11	18 201 F	Paris 15ème Grenelle
12	18 201 F	Paris 15ème Grenelle
13	15 000 F	Boulogne-Billancourt
14	18 201 F	Paris 15ème Grenelle
15	16 107 F	Paris 15ème Necker
16	18 220 F	Paris 15ème Javel
17	18 220 F	Paris 15ème Javel
18	15 000 F	Boulogne-Billancourt
19	18 220 F	Paris 15ème Javel
20	17 244 F	Paris 15ème St. Lambert
21	17 244 F	Paris 15ème St. Lambert
22	17 244 F	Paris 15ème St. Lambert
23	17 244 F	Paris 15ème St. Lambert
24	17 244 F	Paris 15ème St. Lambert
25	15 000 F	Boulogne-Billancourt

Tableau 4.2 - Prix au m² par aire et quartier correspondant

Il est demandé dans le logiciel Sitation un coût au mile qui a été pris égal à l'unité et une distance de couverture en miles (1 mile anglo-saxon = 1609 mètres). Cette dernière est la distance maximale qu'un client est prêt à parcourir pour se rendre à un supermarché ou à un grand magasin distribuant des produits "bio".

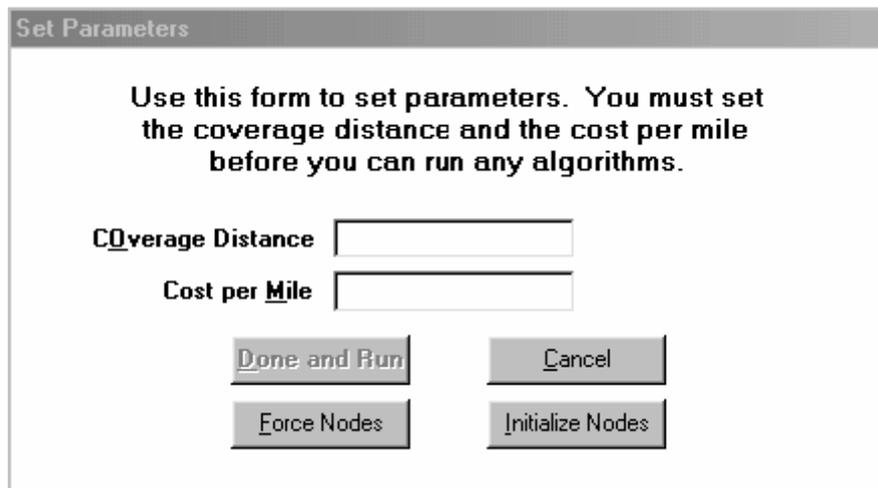


Fig. 4.21 - Fenêtre de saisie des paramètres de distance et de coût dans le logiciel Sitiation

Un entretien avec les responsables d'Espace "bio" nous a permis de savoir que les clients n'hésitaient pas à venir de loin (ex. Conflant Ste Honorine à Paris 15ème) pour effectuer leurs courses étant donné que les prix du magasin sont très abordables comparés à la moyenne du secteur et que l'offre en produits "bio" est pléthorique. Ainsi, nous avons considéré que tous les clients recensés dans la base sont susceptibles de se rendre aux points de vente à créer, chacun optant pour celui le plus proche de son domicile. La distance de couverture a donc été prise comme infinie (introduction d'un nombre très élevé comme paramètre de couverture). Cette étape de calcul suppose qu'il n'existe pas de concurrents en place dans ce domaine à l'Ouest de Paris et que la société a toute latitude de décision pour implanter son ou ses magasins où bon lui semble en fonction du potentiel de clientèle. En effet, Espace "bio" est, comme les autres magasins "bio", sur un segment de marché bien à part bien que dérivé du commerce de proximité traditionnel : les clients acquis à la philosophie "bio" font en pratique exclusivement leurs courses dans ce supermarché. Tous les nœuds, sans exclusion, ont été autorisés à recevoir un point de vente (Forced Nodes).

Fig. 4.22 - Cartographie de la demande associée à chaque nœud
(les bâtonnets représentent l'importance de la demande)

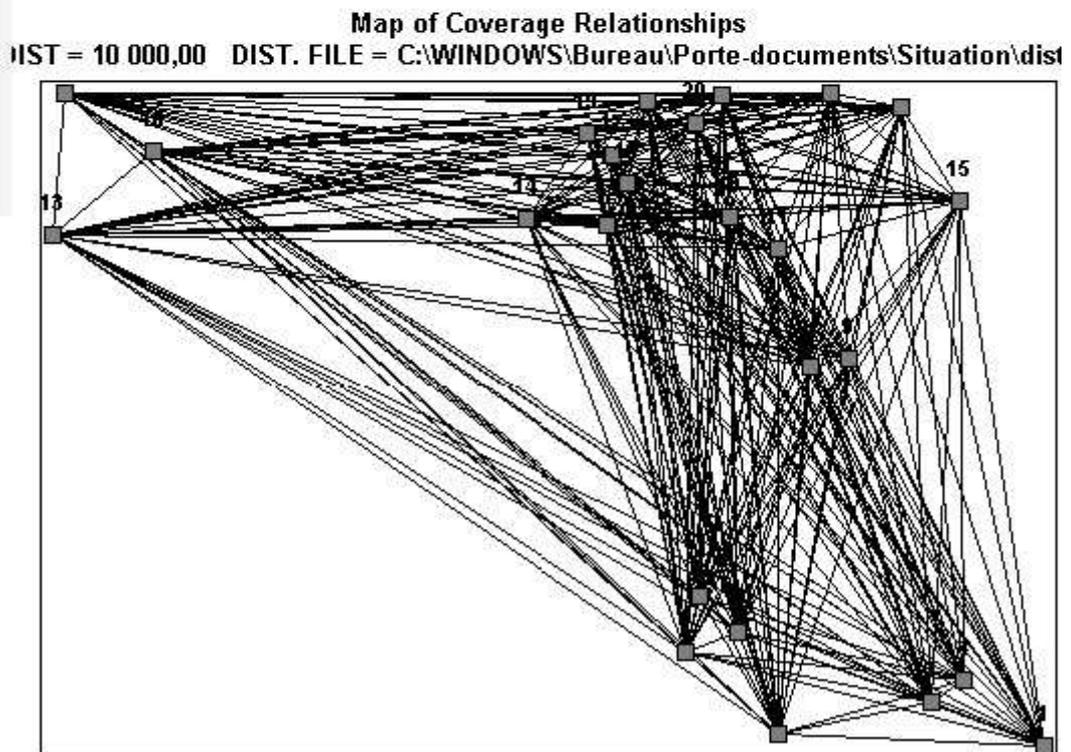
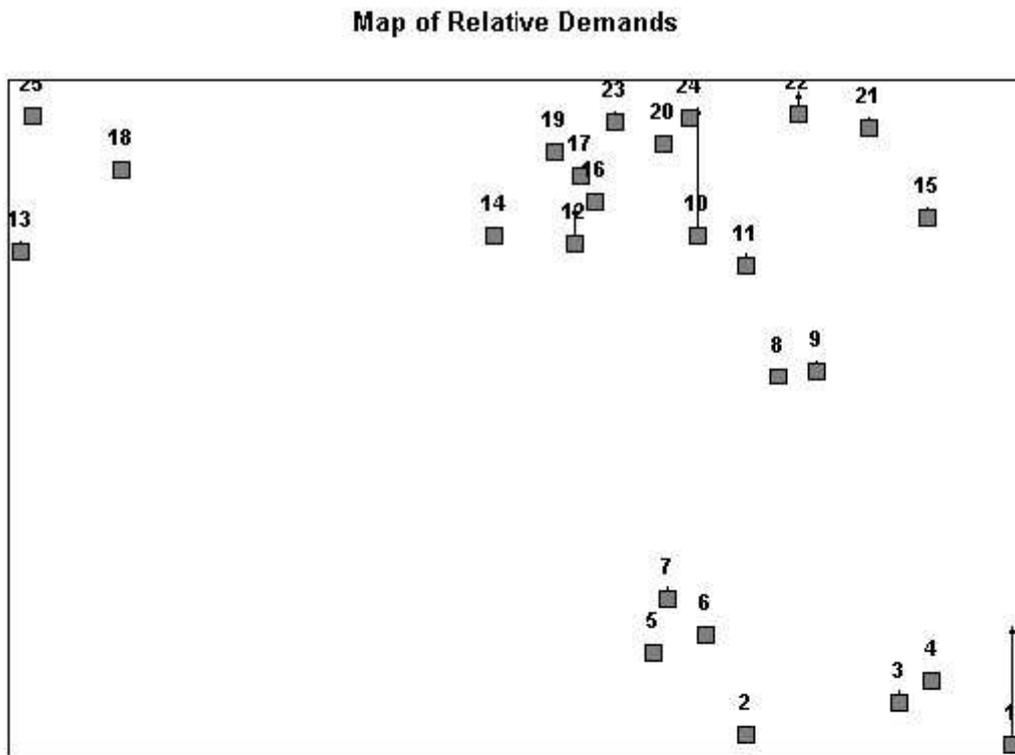


Fig. 4.23 - Cartographie de tous les nœuds et des déplacements
possibles pour effectuer ses achats

La figure 4.23 représente les 25 différents nœuds qui tous comportent une certaine demande plus ou moins élevée et peuvent être le siège d'accueil d'un point de vente. L'enchevêtrement des liaisons entre les nœuds indique que les clients habitant en un nœud sont susceptibles de se rendre en un autre pour y faire leurs achats de produits "bio" même si l'on sait par l'expérience que la majorité des clients de ce type de magasin proviennent essentiellement de leur quartier d'élection.

La question essentielle en suspend reste donc de savoir sur quels nœuds porter son choix pour la création de commerces "bio" sachant que l'on pourra trouver réponse à cette question en faisant appel aux traditionnelles heuristiques solutionnant les modèles de type p-médian. Dans l'échelle la plus large de recherche, on pourra essayer de placer de 1 magasin (approche minimaliste en terme d'offre) à 25 magasins (approche maximaliste). Ce dernier cas est trivial puisqu'il y a 25 nœuds possibles pour placer 25 points de vente, chaque nœud accueillant alors son commerce, mais au moins servira-t-il à vérifier la pertinence ultime de recherche de localisations optimales par les heuristiques classiques. Ainsi, nous prendrons connaissance dans le prochain chapitre des résultats de localisation sachant que le modèle p-médian a été résolu par plusieurs méthodes pour p variant de 1 à 25 points de vente à placer dont l'algorithme flou, l'algorithme de voisinage, les multiplicateurs de Lagrange et l'algorithme génétique. Ceci dit, cette phase initiale d'élaboration et de résolution du modèle p-médian n'est qu'une étape éventuellement intermédiaire pour se plonger vers une connaissance de localisations à un niveau plus fin. En effet, comme nous l'avons mis en avant précédemment dans la description générale de notre algorithme (voir chapitre 3.1), nous nous attendons à ce que la précision insuffisante des localisations optimales obtenues référencées par les 25 nœuds nécessite une étape supplémentaire caractérisée par une rétroaction du processus au niveau des nœuds retenus. Le même processus de délimitation sera alors entrepris au niveau de chacune des aires représentant ces nœuds optimaux, mais à une échelle plus fine, de

manière à mettre en évidence des sous-aires et d'élaborer des modèles p-médian secondaires au sein de ces aires qui seront résolus par le même type d'heuristiques. Il sera ainsi possible en analysant en profondeur les aires optimales d'accéder à un niveau de précision beaucoup plus élevée pour y placer des points de vente.

Conclusion

En résumé, ce chapitre nous a conduit à mettre en pratique notre méthode reposant sur le traitement du signal pour élaborer un modèle p-médian en partant d'une base de données de 10211 adresses de clients susceptibles d'acheter des produits biologiques. Nous avons ainsi géocodé ces adresses de manière à obtenir une carte des points de demande puis traité la carte par la transformation de dilatation adéquate de manière à distinguer des aires homogènes de clientèle, aires au nombre de 25. Ces aires atypiques par rapport aux nombreuses aires minuscules et isolées qui parsèment l'espace géographique, ont pour caractéristiques d'être de taille importante et de receler un fort potentiel commercial. Un filtre Sobel appliqué à la carte des aires homogènes a alors permis de délimiter ces aires homogènes et donc de cerner la zone de chalandise rassemblant la part la plus importante de la clientèle concernée par l'achat de produits biologiques. Les caractéristiques de ces 25 aires ont été obtenues par un sous-algorithme de suivi de contour, et en particulier la surface de ces aires révélant l'importance de la demande et les coordonnées de leurs centres de gravité. Ces deux paramètres ont permis d'élaborer un réseau p-médian avec des nœuds correspondant aux centres de gravité des aires et le niveau de demande à la surface desdites aires. Toutes ces étapes ont été obtenues avec rapidité et sans difficulté grâce à des logiciels courants du marché

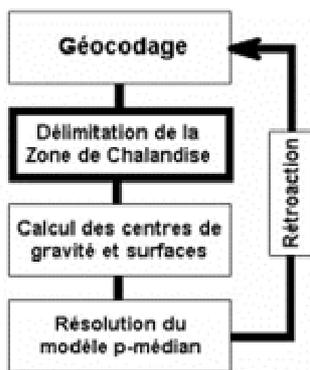
Le prochain chapitre nous donnera l'occasion de résoudre ce modèle avec les différents algorithmes existants (algorithme flou, de voisinage, multiplicateurs de Lagrange et algorithme génétique) et d'examiner les résultats.

Chapitre 5

Mise en œuvre d'un système rapide d'aide à la décision de localisation

Introduction

Le modèle p-médian ayant été construit en particulier grâce aux puissantes fonctions de filtrage du traitement du signal, nous débouchons alors sur un problème classique de résolution d'un modèle de localisation-allocation. Ainsi, comme nous l'avons vu, les algorithmes classiques d'un tel modèle sont bien connus : l'algorithme flou, l'algorithme de voisinage, la résolution par les multiplicateurs de Lagrange ou encore l'algorithme génétique. Mais, appliqué à notre modèle d'une complexité divisée par rapport au problème initial d'un facteur 400, la résolution en sera d'autant plus rapide (il y a avait en effet 10211 adresses au départ et nous n'avons désormais plus qu'un réseau de 25 nœuds). Une ou plusieurs régions géographiques appartenant à la zone de chalandise parmi les 25, seront alors préconisées pour être le siège d'implantations optimales de magasins de produits biologiques. On pourra juger cependant que la précision obtenue n'est pas suffisante puisqu'elle se cantonne à indiquer seulement, parmi 25 quartiers, les plus intéressants. Nous montrerons que cette précision peut être largement dépassée, comme le prévoit notre algorithme. Le même processus de dilatation, de filtrage sera réitéré au niveau des quartiers préconisés afin d'obtenir de nouveaux modèles p-médian plus fins qui seront ultérieurement résolus par les mêmes heuristiques classiques. La précision atteindra, on le verra alors, un positionnement au niveau des voies de circulation à quelques numéros de rue près.



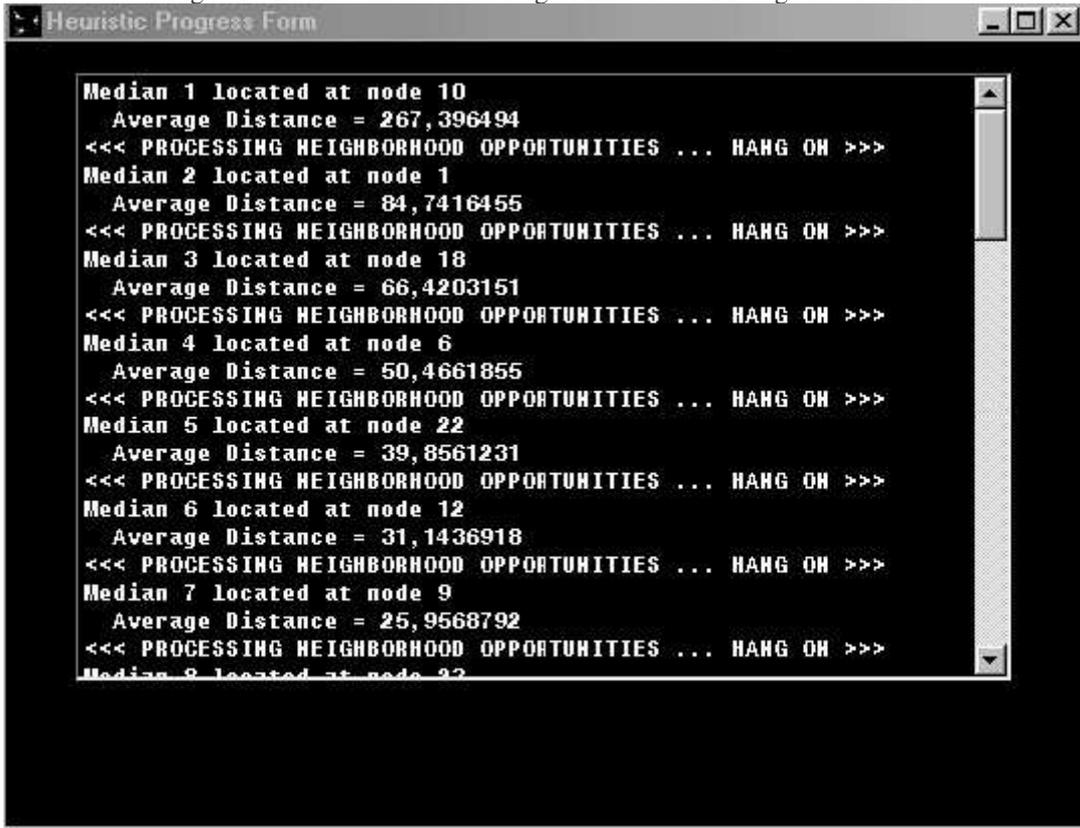
5.1 Résolution du modèle p-médian par l'algorithme flou et l'algorithme de voisinage

Algorithme flou et algorithme de voisinage nous donnent exactement les mêmes résultats quant aux localisations optimales pour p variant de 1 à 25. Ils nous indiquent tout d'abord que le nœud 10 est le plus indiqué pour une implantation unique. En ce qui concerne l'algorithme de voisinage, une substitution est pratiquée à la dernière itération pour en améliorer les résultats. Ceux-ci sont résumés dans le tableau suivant:

Nombre de Localisations	Nœuds d'Implantation des Points de Vente	Fonction Objectif	Distance Maximale à Parcourir
2 loc.	1, 10	3205268	472
3 loc.	1, 10, 18	2512282	284
4 loc.	1, 6, 10, 18	1908833	172
5 loc.	1, 6, 10, 18, 22	1507518	172
6 loc.	1, 6, 10, 12, 18, 22	1177979	172
7 loc.	1, 6, 9, 10, 12, 18, 22	981793	145
8 loc.	1, 6, 9, 10, 12, 18, 22, 23	808933	145
9 loc.	1, 3, 7, 9, 10, 12, 18, 22, 23	679238	145
10 loc.	1, 3, 7, 9, 10, 12, 15, 18, 22, 23	561933	114
11 loc.	1, 3, 7, 9, 10, 12, 13, 15, 18, 22, 23	471987	110
12 loc.	1, 3, 7, 9, 10, 12, 13, 15, 17, 18, 20, 22	408799	110
13 loc.	1, 2, 3, 7, 9, 10, 12, 13, 15, 17, 18, 20, 22	351929	86
14 loc.	1, 2, 3, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 15, 17, 18, 20, 22	302977	86
15 loc.	1, 2, 3, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 15, 17, 18, 20, 22, 25	257139	57
16 loc.	1, 2, 3, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 18, 20, 22, 25	212818	57
17 loc.	1, 2, 3, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 18, 20, 21, 22, 25	177618	57
18 loc.	1, 2, 3, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 25	147852	57
19 loc.	1, 2, 3, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 25	117471	41
20 loc.	1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 25	91313	34
21 loc.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 25	67953	34
22 loc.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25	48579	34
23 loc.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25	30355	31
24 loc.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 23, 25	13026	26
25 loc.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25	0	0

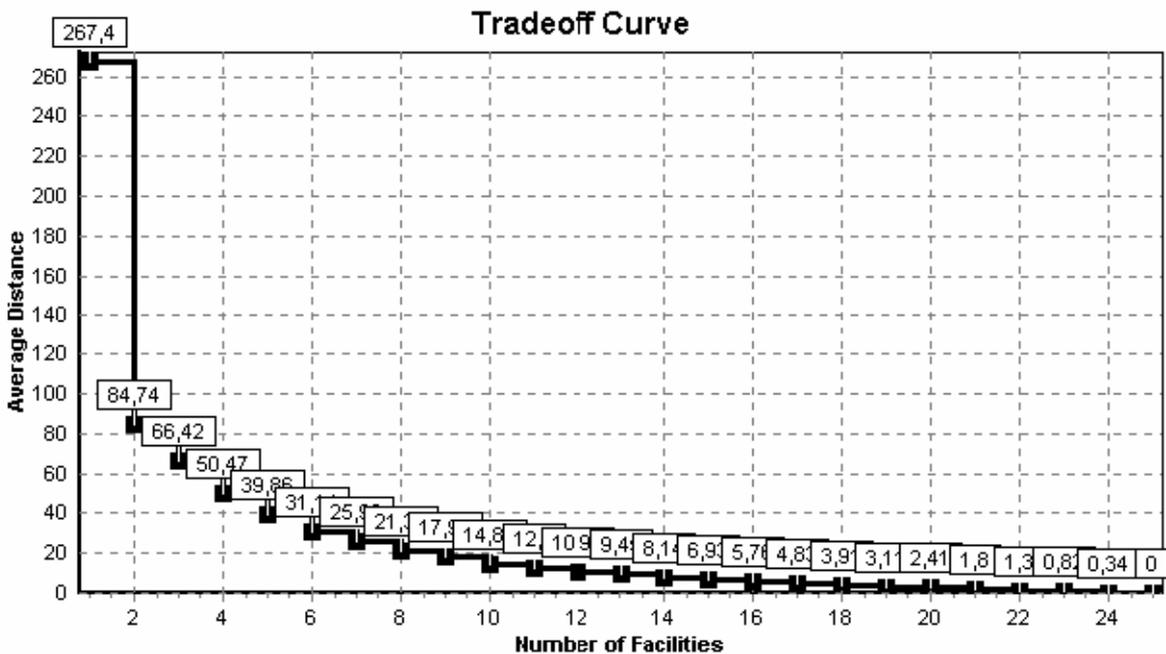
Tableau 5.1 - Localisations optimales données par les algorithmes flou et de voisinage

Fig. 5.1 - La mise en œuvre de l'algorithme flou sur le logiciel Situation



La distance moyenne à parcourir pour les clients en fonction du nombre de magasins créés est donnée par le graphique 5.2 :

Fig. 5.2 - Distance moyenne à parcourir en fonction du nombre de magasins ouverts:



5.2 Résolution du modèle p-médian par les multiplicateurs de Lagrange

Rappelons que les multiplicateurs de Lagrange sont des variables à partir desquelles on construit une fonction appelée lagrangien et notée L, fonction utilisée dans les problèmes de recherche de l'extremum lié d'une fonction f (optimisation sous contraintes). Dans ce type de problème général, les variables x_i sont astreintes à vérifier m relations :

$$h_k(x_1, \dots, x_i, \dots, x_n) = 0 \quad (\text{pour } k = 1, \dots, m)$$

Une condition nécessaire pour que f soit minimale est qu'il existe m multiplicateurs de Lagrange tels que :

$$\frac{\partial f}{\partial x_i}(x_1, \dots, x_n) + \sum_{k=1}^m \lambda_k \frac{\partial h_k}{\partial x_i}(x_1, \dots, x_n) = 0 \quad (i = 1, \dots, n)$$

$$h_k(x_1, \dots, x_n) = 0 \quad (k = 1, \dots, m)$$

Ces relations équivalent à l'annulation des dérivées du premier ordre du lagrangien défini par :

$$L(x_1, x_2, \dots, x_n, \lambda_1, \dots, \lambda_m) = f(x_1, x_2, \dots, x_n) + \sum_{k=1}^m \lambda_k h_k(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Dans notre cas, la fonction à minimiser (voir § 2.2.1.2) est la fonction objectif relaxée par les multiplicateurs de Lagrange λ_i :

$$\sum_i \sum_j (a_i d_{ij} + \lambda_i) x_{ij} + \sum_i \lambda_i \quad (1)(1)$$

et les contraintes sont :

$$\sum_i x_{ij} = 1, \quad \forall i, \quad (2)$$

$$x_{ij} \leq y_j, \quad \forall i, j, \quad (3)$$

$$\sum_j y_j = p, \quad (4)$$

$$x_{ij}, y_j \in \{0,1\}, \quad \forall i, j \quad (5)$$

où

a_i : la demande au nœud i,

d_{ij} : la distance du nœud i au nœud j,

p : le nombre d'activités à localiser,

$x_{ij} = 1$, si le nœud i est assigné à l'activité j et 0 autrement,

$y_j = 1$, si l'activité j est ouverte et 0 autrement.

Le nombre d'itérations a été fixé à 400, la valeur minimale du paramètre lambda à 0,00000001 et le nombre d'échecs avant de modifier ce paramètre (par pas de 0,3) à 36. Un algorithme d'amélioration par substitution a été mis en œuvre ensuite pour en améliorer les résultats.

Les résultats obtenus ont été les suivants:

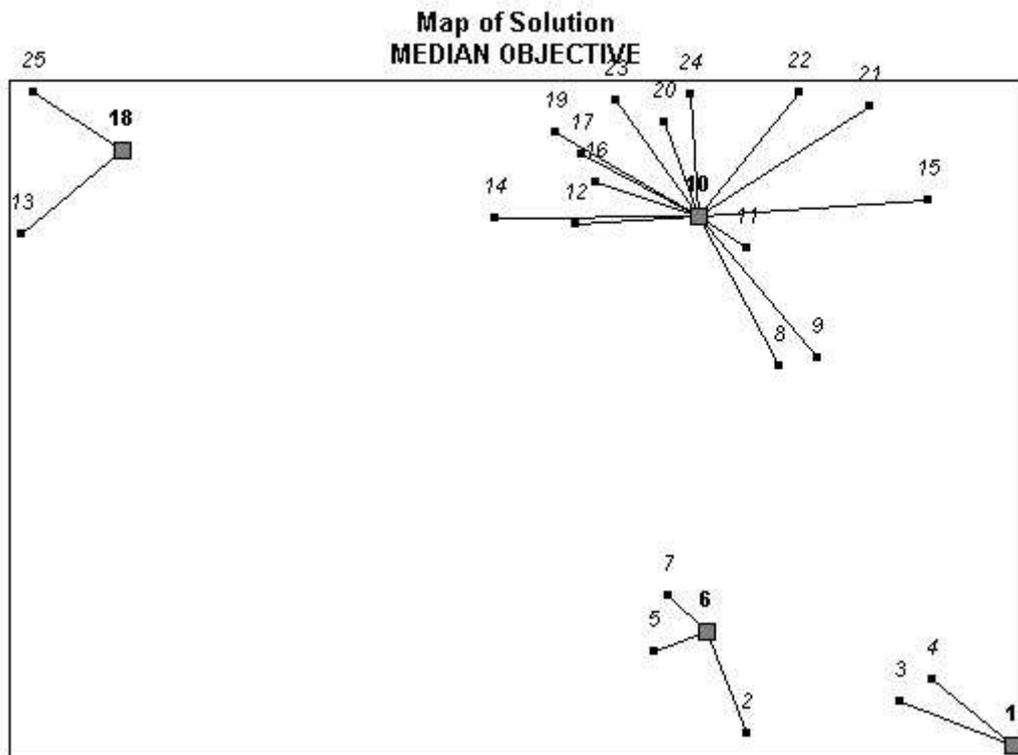
Nombre de Localisations	Nœuds d'Implantation des Points de Vente	Fonction Objectif	Distance Maximale à Parcourir
2 loc.	1, 10	3205268	472
3 loc.	1, 10, 18	2512282	284
4 loc.	1, 6, 10, 18	1908833	172
5 loc.	1, 6, 10, 18, 22	1507518	172
6 loc.	1, 6, 10, 12, 18, 22	1177979	172
7 loc.	1, 6, 9, 10, 12, 18, 22	981793	145
8 loc.	1, 6, 9, 10, 12, 18, 22, 23	808933	145
9 loc.	1, 3, 7, 9, 10, 12, 18, 22, 23	679238	145
10 loc.	1, 3, 7, 9, 10, 12, 15, 18, 22, 23	561933	114
11 loc.	1, 3, 7, 9, 10, 12, 13, 15, 18, 22, 23	471987	110
12 loc.	1, 3, 7, 9, 10, 12, 13, 15, 17, 18, 20, 22	408791	110
13 loc.	1, 2, 3, 7, 9, 10, 12, 13, 15, 17, 18, 20, 22	351929	86
14 loc.	1, 2, 3, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 15, 17, 18, 20, 22	302977	86
15 loc.	1, 2, 3, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 15, 17, 18, 20, 22, 25	257139	57
16 loc.	1, 2, 3, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 18, 20, 22, 25	212818	57
17 loc.	1, 2, 3, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 18, 20, 21, 22, 25	177618	57
18 loc.	1, 2, 3, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 20, 21, 22, 25	147237	41
19 loc.	1, 2, 3, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 25	117471	41
20 loc.	1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 25	91313	34
21 loc.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 25	67953	34
22 loc.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25	48579	34
23 loc.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25	30355	31
24 loc.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25	13026	26
25 loc.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25	0	0

Tableau 5.2 - Localisations optimales données par l'algorithme des multiplicateurs de Lagrange

Pour 18 localisations, le nœud 14 a été choisi à la place du 23, mais les résultats redeviennent à nouveau équivalents aux nœuds choisis par l'algorithme de voisinage ou l'algorithme flou pour 19 implantations à créer : le choix de l'algorithme des multiplicateurs de Lagrange pour

18 localisations est néanmoins meilleur étant donné que la fonction objectif (147 237 au lieu de 147 852) est, dans ce cas, plus faible et que la distance maximale à parcourir en moyenne par les consommateurs est également moins importante (41 au lieu de 57).

Fig. 5.3 - Pour 4 localisations: aires de potentiel commercial associées aux points de vente (*en gras*)



Le schéma précédent montre clairement la supériorité stratégique de la localisation en 10 : elle couvre nettement mieux les aires de clientèles que les autres sites.

5.3 Résolution du modèle p-médian par l'algorithme génétique

Le logiciel Sitation part d'une population de solutions tirées au hasard. Au début, plusieurs ensembles de nœuds répondant au problème sont sélectionnés aléatoirement. La taille de la population de cet ensemble de solutions du début a été prise à 50. Chaque solution est codifiée sous forme de 0 et de 1 ce qui signifie qu'un nœud ayant été sélectionné pour recevoir un site commercial prend la valeur 1 et sinon 0 (le nombre de 1 dans chaque solution correspond donc au nombre de sites à placer).

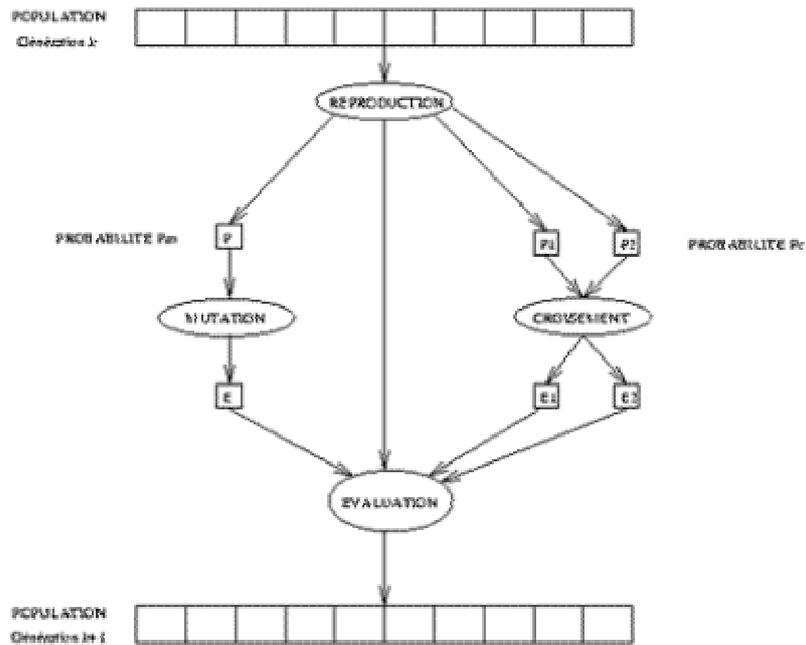


Fig. 5.4 - Schéma d'une itération de l'algorithme génétique⁶⁵⁴

Ensuite, on a fixé à 200 le nombre d'itérations possibles sachant qu'à chaque itération s'effectue un croisement aléatoire entre des sous-ensembles de ces solutions prises deux à deux avec une probabilité de 0,9 de se croiser et une prépondérance de ces croisements entre les ensembles de solutions ayant la meilleure fonction objectif (la plus faible). En parallèle au processus de croisement, on fait intervenir une mutation dans un cas sur 400 (taux de probabilité 0,25) : un zéro est alors transformé en un et un en zéro de temps en temps.

En résumé, les paramètres pris pour faire tourner l'algorithme génétique ont été les suivants :

- Taille de population : 50
- Nombre d'itérations maximales : 200
- Probabilité de croisement : 0,9
- Probabilité de mutation : 0,25

La photo d'écran qui suit montre les étapes franchies au départ par l'algorithme génétique pour parvenir à une solution dans le cas de l'implantation de cinq points de vente :

⁶⁵⁴ <http://perso.wanadoo.fr/matt95/algogen/AGintro.htm>

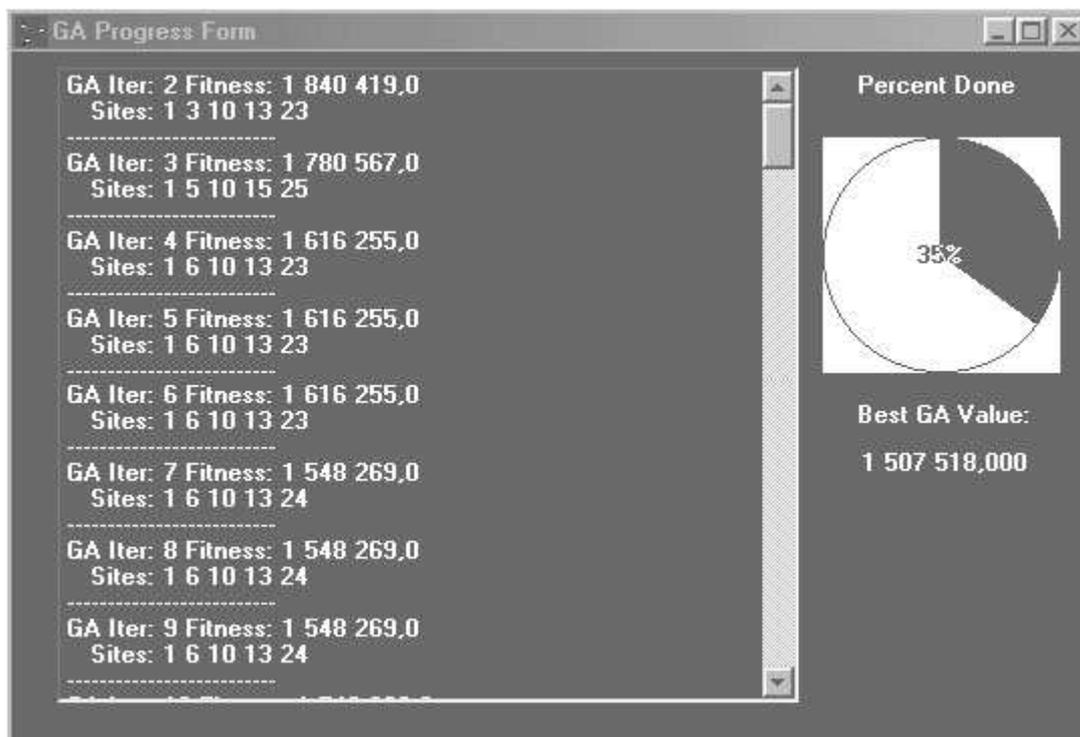


Fig. 5.5 - Etapes de recherche de l'algorithme de recherche avec les localisations optimales provisoires obtenues

Au départ (voir fig. 5.5), on considère d'une solution aléatoire : les nœuds 1, 3, 10, 13, 23 ont été tirés au hasard pour 5 sites commerciaux à placer. Puis, peu à peu, les solutions s'améliorent pour se rapprocher de l'optimal. A la 9^{ème} itération, on obtient les nœuds 1, 6, 10, 13, 24 pour une fonction objective de 1 548 269. La solution obtenue en définitive au bout de 20 itérations est de placer les points de vente aux nœuds 1, 6, 10, 18, 22 conformément au résultat obtenu par les autres algorithmes. Le processus est un peu plus long que par les multiplicateurs de Lagrange qui ne prenaient que quelques secondes pour parvenir à un résultat. Si la population initiale est de 50 au lieu de 200, la solution n'est trouvée qu'en 42 itérations ce qui est logiquement plus long puisque le nombre de solutions passées en revue à la seconde est moindre qu'avec une population initiale importante.

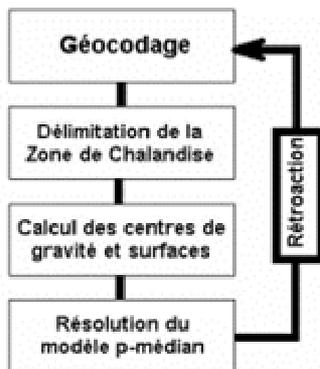
Avec les paramètres pris au départ, l'algorithme génétique donne de moins bons résultats que l'algorithme de voisinage ou l'algorithme par les multiplicateurs de Lagrange. La solution obtenue au bout de 91 itérations est de placer les points de vente aux nœuds 1, 3, 7, 9, 10, 12,

13, 22 et 23 pour une valeur de la fonction objectif de 684 927 au lieu des nœuds 1, 3, 7, 9, 10, 12, 18, 22, 23 pour une valeur de la fonction objectif plus petite et meilleure de 679 238.

Le tableau suivant récapitule les résultats pour une recherche de 9 localisations et montre la similitude en terme de performance de l'algorithme par les multiplicateurs de Lagrange, de l'algorithme flou et l'algorithme de voisinage.

Algorithme	Résultats	Fonction Objectif	Temps de Calcul
Multiplicateurs de Lagrange	1, 3, 7, 9, 10, 12, 18, 22, 23	679 238	5 s
Voisinage	1, 3, 7, 9, 10, 12, 18, 22, 23	679 238	5 s
Flou	1, 3, 7, 9, 10, 12, 18, 22, 23	679 238	5 s
Génétique	1, 3, 7, 9, 10, 12, 13, 22, 23	684 927	1 min

Tableau 5.3 - Comparatif des résultats de recherche de localisations effectuée les différents algorithmes



5.4 Localisation améliorée des points de vente au sein des aires de chalandise

Imaginons qu'il s'agisse de créer 3 points de vente dans l'Ouest parisien. Le premier, on l'a vu, est à implanter au sein de l'aire 10 dans le XV^{ème} arrondissement. Le deuxième, par ordre de priorité est à placer dans l'aire 1 correspondant au quartier Epinettes situé dans le 17^{ème} arrondissement de Paris. Le troisième doit se situer dans l'aire 18 de Boulogne-Billancourt.

Notre algorithme s'est déjà attaqué au géocodage des adresses, au filtrage et à la délimitation des aires constitutives de la zone de chalandise et à la résolution du modèle p-médian par différents algorithmes en prenant comme nœud les centres de gravité des aires pour simplifier le problème. Il reste éventuellement à affiner la localisation de ces trois points de vente en focalisant notre analyse au sein des aires 10, 1 et 18. Pour cela, nous allons effectuer un processus de traitement du signal à titre d'exemple sur les aires 10 et 1 en quelque sorte passées à la loupe.

Localisation du point de vente au sein de l'aire 10 dans le XV^{ème} arrondissement

Pour cela, effectuons le même traitement de filtrage, de délimitations, d'analyse des sous-aires puis de résolution du modèle p-médian au niveau de la sous-aire 10 correspondant au quartier Grenelle / St. Lambert. La recherche d'une localisation plus précise au sein de cette sous-aire ne peut se faire sans tenir compte des clients situés en son voisinage. Imaginons en effet qu'une localisation idéale se situe sur le bord de la sous-aire 10. Dans ce cas, ne pas tenir compte des clients potentiels des aires voisines fausserait l'analyse et sans doute l'on passerait à côté de cette solution idéale. Pour éviter ainsi cet "effet de bord", nous avons choisi d'incorporer dans l'analyse les sous-aires adjacentes à l'aire 10 (aires 11, 12, 16, 20 et petits fragments non numérotés à l'étape initiale).

Fig. 5.6 - L'aire 10 (bd de Grenelle) avec les aires les plus proches



Fig. 5.7 - La zone d'analyse délimitée

Fig. 5.8 - et analysée en termes de sous-aires

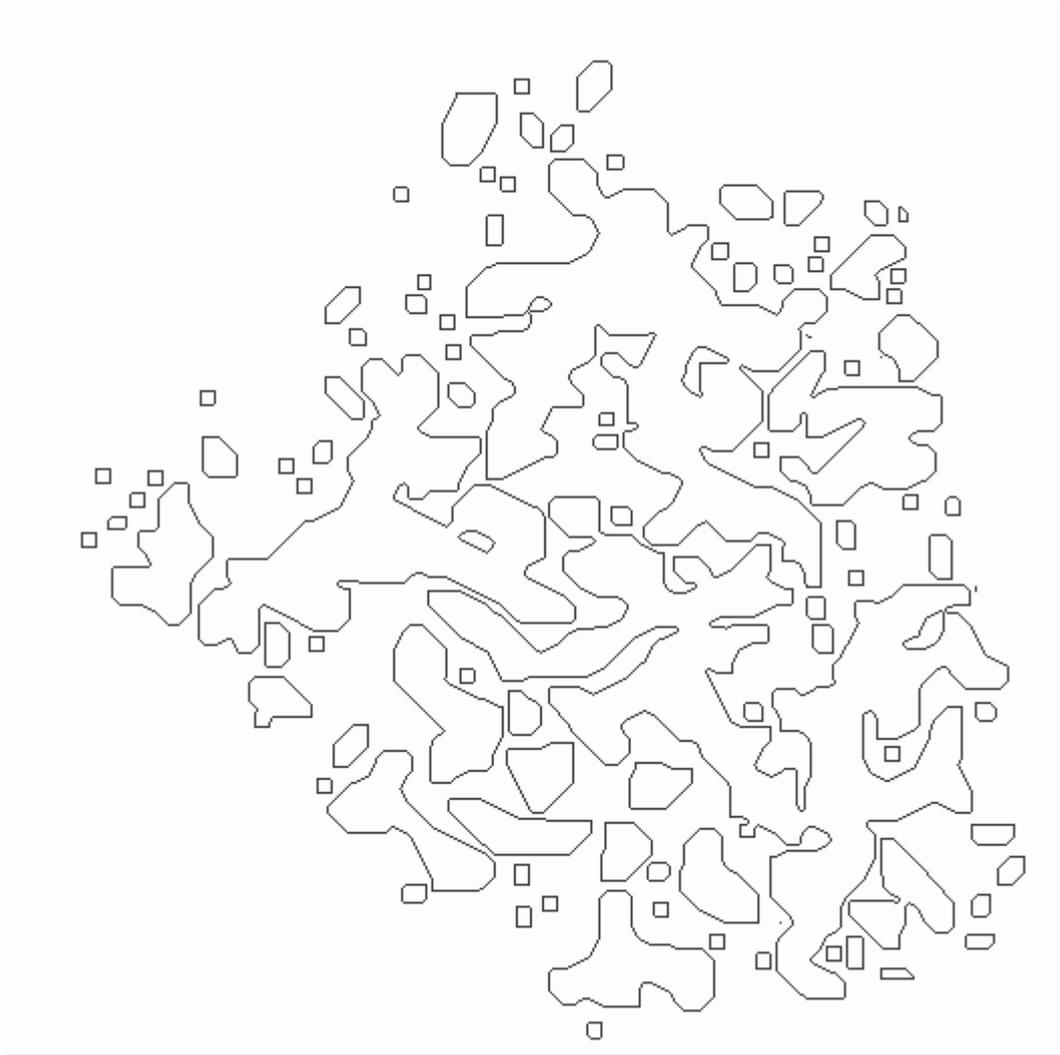
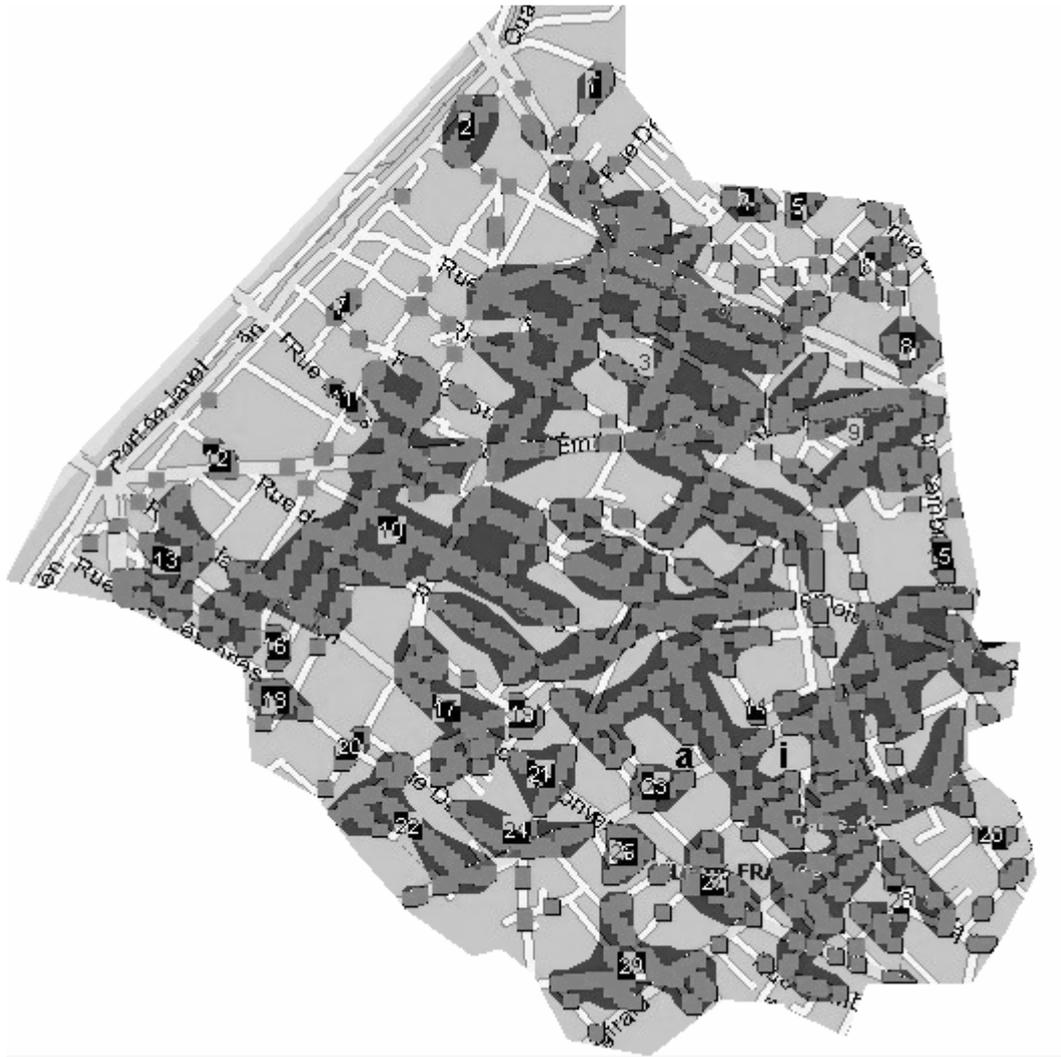




Fig. 5.9- Superposition des points-clients et des sous-aies



L'analyse des sous-aires appartenant à l'aire 10 réalisée par la même procédure de suivi de contour, de calcul des coordonnées des centres de gravité et des superficies nous donne les résultats suivants (voir §3.3 pour la procédure) :

Sous-aire	Superficie	X	Y
1	292	41	362
2	230	62	829
3	318	179	16650
4	368	100	409
5	395	101	276
6	428	132	727
7	168	151	232
8	449	172	680
9	422	215	3899
10	192	263	10792
11	169	197	270
12	106	228	326
13	80	279	1993
14	374	352	21702
15	465	277	259
16	135	321	273
17	219	353	2261
18	135	349	580
19	257	356	328
20	172	372	286
21	267	385	886
22	201	411	2210
23	324	391	619
24	255	414	1280
25	307	424	614
26	490	416	226
27	353	439	1227
28	446	448	1448
29	312	482	2603

Tableau 5.4 - Résultats d'analyse des sous-aires appartenant à l'aire 10

Dans le tableau 5.4, la colonne Superficie s'identifiera à la demande du réseau p-médian défini par les coordonnées des centres de gravité des sous-aires (avec un coût au m² des emplacements de 18 201 F). Nous résolvons ce modèle par les algorithmes classiques tels que ceux décrits à la première étape. Ceux-ci nous indiquent les mêmes résultats.

Fig. 5.10 - Distance moyenne à parcourir en fonction du nombre de magasins ouverts dans l'aire 10

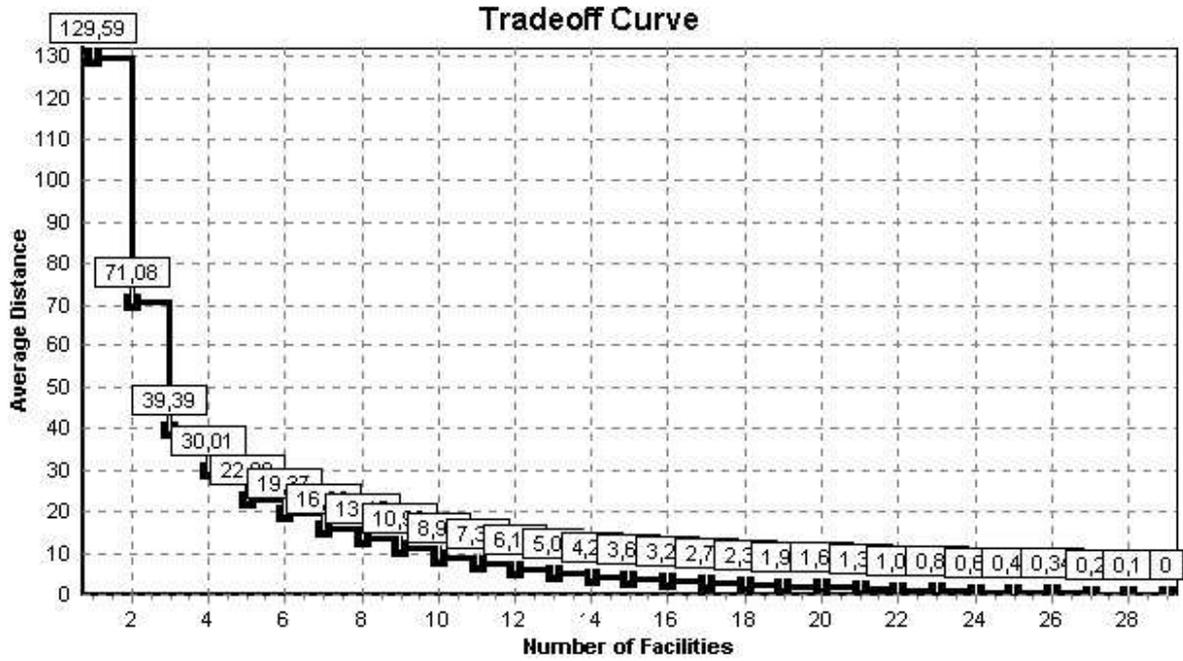
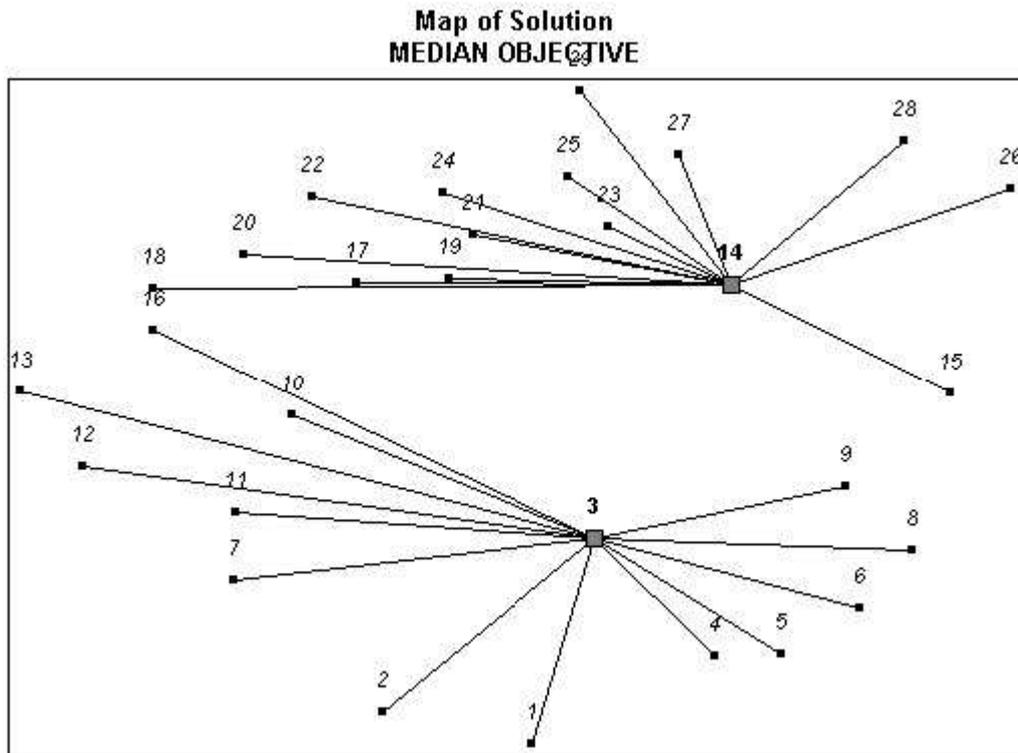


Fig. 5.11 - Pour 2 localisations: aires de potentiel commercial associées aux points de vente (*en gras*)



Le meilleur emplacement pour un point de vente semble être dans la sous-aire 14 de l'aire 10.

Le tableau suivant donne les sous-aires à privilégier si l'on veut implanter plus d'un magasin dans l'aire 10.

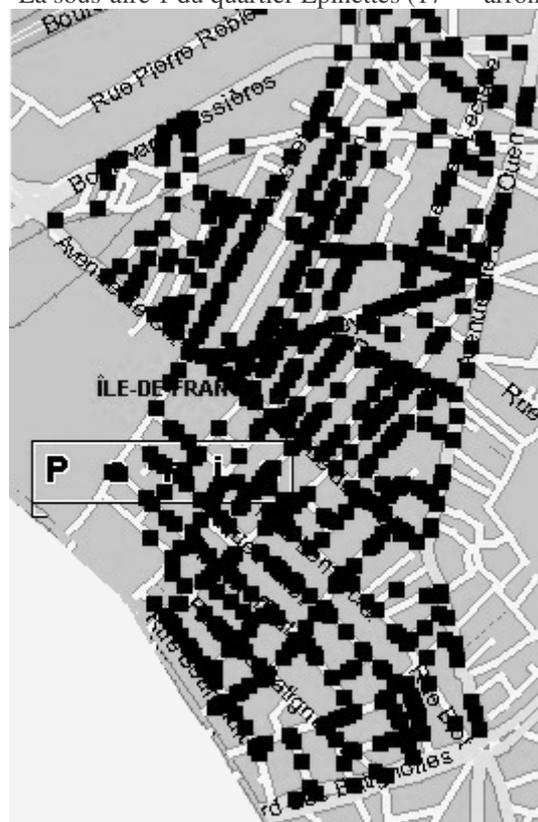
Nombre de Localisations	Nœuds d'Implantation des Points de Vente	Fonction Objectif	Distance Maximale à Parcourir
2 localisations	3, 14	5 277 256	258
3 localisations	3, 10, 14	2 927 814	148
4 localisations	3, 10, 14, 24	2 227 803	146

Tableau 5.5 : Localisations optimales au sein de l'aire 10

Localisation du point de vente au sein de l'aire 1 dans le 17^{ème} arrondissement

Procédons de même pour affiner la localisation de notre deuxième point de vente au sein de l'aire 1 correspondant au quartier Epinettes dans le 17^{ème} arrondissement.

Fig. 5.12 - La sous-aire 1 du quartier Epinettes (17^{ème} arrondissement)



Pour cela, nous allons reprendre le même processus de filtrage et de délimitation des aires de clients potentiels au niveau de l'aire 1.

Fig. 5.13 - Représentations des points de l'aire 1,



Fig. 5.14 - délimitation et,

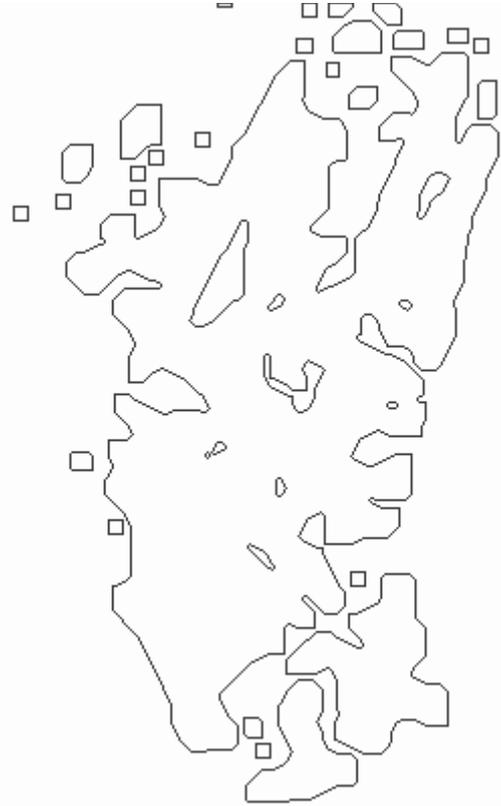
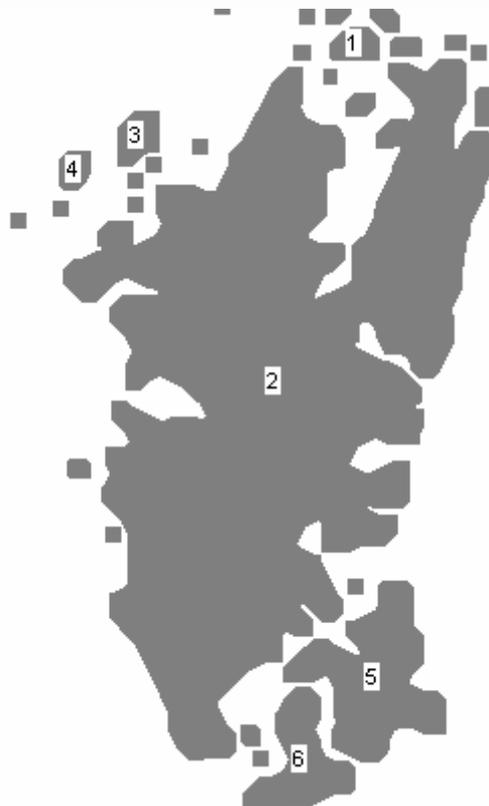


Fig. 5.15 - numérotation des sous-aires



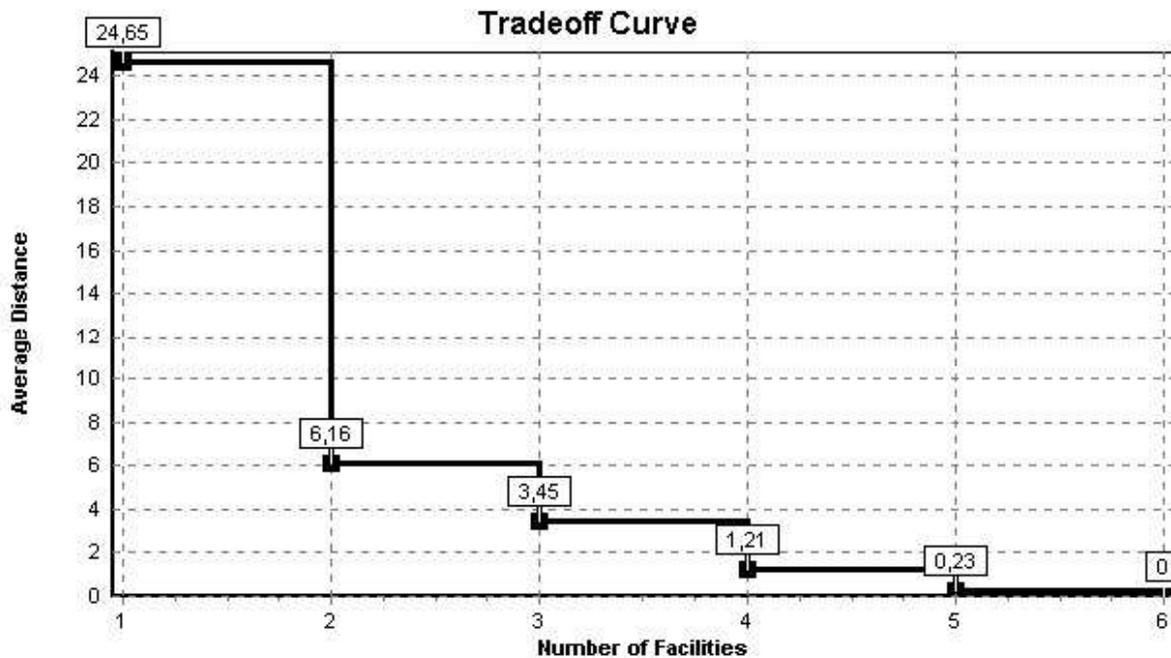
Nous obtenons le même type de tableau de résultats :

AIRE	Superficie	X	Y	Longueur	Majeur	Mineur	Angle
1	370	190	18	73	26	18	7
2	37548	150	186	1838	314	157	72
3	483	82	64	87	30	20	60
4	283	50	80	63	22	16	68
5	3718	199	334	345	77	62	87
6	1768	162	376	216	57	39	81

Tableau 5.6 - Résultats d'analyse des sous-aires appartenant à l'aire 1

Le prix au m² des surfaces commerciales dans le quartier 1 (Epinettes - 17^{ème} arrondissement) est de 11 755 F.

Fig. 5.17 - Distance moyenne à parcourir en fonction du nombre de magasins ouverts



Les algorithmes nous donnent, pour la résolution du modèle p-médian correspondant, une localisation à privilégier dans la sous-aire 2 de l'aire 1. Pour plus d'un magasin à implanter dans cette aire, il faudrait privilégier les sous-aires indiquées dans le tableau 5.7 :

Nombre de Localisations	Nœuds d'Implantation des Points de Vente	Fonction Objectif	Distance Maximale à Parcourir
2 localisations	2, 5	271 956	173
3 localisations	2, 3, 5	152 486	117
4 localisations	2, 3, 5, 6	53 478	117
5 localisations	1, 2, 3, 5, 6	10 188	37
6 localisations	1, 2, 3, 4, 5, 6	0	0

Tableau 5.7 : Localisations optimales au sein de l'aire 1

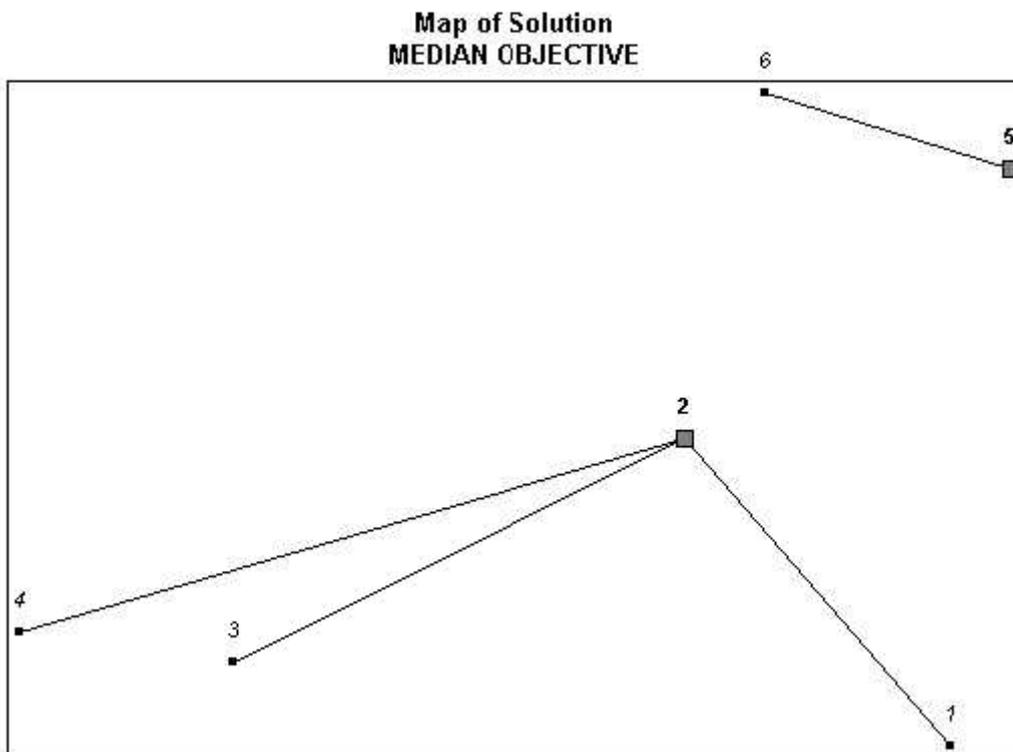


Fig. 5.18 - Pour 2 localisations: aires de potentiel commercial associées aux points de vente en gras

De façon nette, le site commercial 2 implanté au milieu de la plus grosse sous-aire s'accapare la grande majorité du potentiel commercial avec les sous-aires 1, 3 et 4 qui, pour en être le plus proches, sont associées à ce potentiel.

Ceci dit, un facteur d'incertitude sur la viabilité de l'emplacement détecté situé dans la sous-aire 2 du quartier des Batignolles, apparaît par le fait que nous ne possédons pas les adresses des consommateurs potentiels du 18^{ème} arrondissement, arrondissement immédiatement à l'Est et en bordure de la zone d'analyse. Ainsi, à cause de ce manque de données, l'étude de

localisation dans ce quartier pourra manquer de fiabilité s'il apparaîtrait qu'une zone de clientèle potentielle importante a été involontairement ignorée : dans ce cas, le point de vente semblera être bien placé dans la sous-aire 2 alors qu'il aurait dû être situé plus à l'Est voire dans le 18^{ème} arrondissement. D'un autre côté, le 18^{ème} arrondissement est peut-être moins intéressant que le 17^{ème} étant donné que le pouvoir d'achat de ses habitants est en moyenne plus faible : il s'agirait d'étudier si leur niveau de revenus est compatible avec l'habituelle cherté des produits biologiques qui apparaissent pour certains consommateurs presque comme des produits de luxe.

Conclusion

Nous avons vu dans ce chapitre que notre méthode était capable non seulement de rechercher les localisations optimales de magasins, mais que l'on pouvait également choisir le degré de précision de la recherche, par exemple soit lors d'une première approche au niveau grosso modo d'un quartier au sein d'une commune ou d'un arrondissement, soit plus finement au niveau d'une rue. La rapidité du processus de recherche dépend logiquement de la précision souhaitée qui conditionne le nombre de boucles que l'algorithme devra suivre ainsi que du nombre de localisations optimales souhaitées.

D'un autre côté, toutes ces étapes destinées à illustrer l'analyse conjointe traitement du signal / algorithme p-médian nous serviront, tout au long du chapitre suivant, à détailler les implications managériales d'une telle démarche en particulier sur le plan décisionnel. En particulier, notre recherche fait, pour l'instant, abstraction de la concurrence. Il s'agit donc de vérifier si les localisations optimales préconisées ne sont pas déjà occupées par des commerces concurrents. Le prochain chapitre permettra tout d'abord de récapituler les avantages de notre méthode. Sa supériorité apparaîtra encore plus clairement lorsque nous la comparerons aux autres méthodes classiquement utilisées en recherche de localisations optimales.

Chapitre 6

Comparaison et implications managériales et stratégiques

Introduction

L'intérêt de l'utilisation concomitante du modèle p-médian et du traitement du signal dans la recherche de localisations ne vaut que si cette approche apporte des avantages comparativement aux méthodes traditionnelles. Nous verrons ainsi dans ce chapitre que rapidité et précision sont bien les maîtres-mots de notre algorithme qui recèlent encore d'autres richesses sur le plan managérial.

Il est à noter que les résultats fournis par notre démarche rationnelle méritent tout de même d'être analysés de manière qualitative. En effet, quelle que soit la méthode utilisée, les sites préconisés ont un caractère théorique et ne correspondent parfois pas à des emplacements faisables. La (ou les) rue(s) relevée(s) ne présente(nt) par exemple pas forcément d'emplacements commerciaux disponibles à l'achat ou à la location. Les quartiers urbains ne sont peut-être pas en adéquation avec l'activité prévue ou encore les sites sont peut-être déjà occupés par la concurrence. C'est en particulier lors de l'examen qualitatif minutieux des sites que la précision obtenue quant à la localisation géographique prend toute son importance, comme nous le verrons. D'autre part, une fois cette étape franchie et que certains sites effectivement faisables ont été définitivement sélectionnés, il convient d'apprécier la zone de chalandise des futurs points de vente et escompter leur chiffre d'affaires (voir chapitre I). Ce même chiffre d'affaires d'ailleurs, s'il n'est pas à la mesure de l'investissement, est capable de remettre en cause l'ouverture du point de vente. Là encore, nous verrons que notre méthode est capable dans la foulée, de fournir par voie de conséquence ces informations stratégiques. Nous allons dans un premier temps récapituler quel type de résultats aurait été fourni par une méthode de recherche de localisation plus classique.

6.1 Comparaison des résultats de notre algorithme avec ceux des méthodes traditionnelles de construction et de résolution du p-médian

Comme nous l'avons vu précédemment, le problème p-MP est réputé appartenir à la classe ardue des problèmes connus comme étant NP-complets⁶⁵⁵ ce qui signifie que le nombre de solutions à examiner en théorie est pour n nœuds et p magasins à localiser est de :

$$\frac{n!}{p!(n-p)!}$$

Pour 10 000 nœuds et par exemple 5 points de vente "bio" à placer, nous aurions ainsi 83 milliards de milliards de solutions à passer en revue (83×10^{16}) ce qui est impossible avec les systèmes informatiques actuels.

Avec un algorithme du type recherche de voisinage qui consiste à choisir au départ une configuration de manière aléatoire, puis à effectuer une résolution du 1-médian au niveau de chaque nœud d'implantation et des nœuds voisins, le nombre de solutions à étudier est au minimum de $p \times (n - p)$ avant de tomber sur un optimum éventuel, soit dans notre exemple $10000 \times (10000 - 5)$ ou pratiquement 100 millions de configurations tout de même. L'algorithme génétique est lui, programmé de manière à ne suivre qu'un nombre limité d'itérations (par exemple 200 dans notre étude de localisation). Ceci dit, sa procédure de recherche de localisation a tout de même pris 4 minutes environ pour 25 nœuds et 10 points de vente à placer pour en fin de compte n'atteindre qu'un résultat imparfait. Si l'on considère que la durée du processus suit une loi linéaire par rapport aux combinaisons possibles, chercher 5 localisations du même niveau d'optimalité pour 10 000 nœuds reviendrait à attendre 2,5 milliards d'années ! Ainsi, les algorithmes classiques de résolution du p-médian se révèlent dans l'impossibilité de résoudre ce problème pris tel quel.

⁶⁵⁵ KARIV O et HAKIMI S.L. (1979) An Algorithmic Approach to Network Location Problems, Part 2: The p-médians", *SIAM Journal of Applied Mathematics* 37, 539-560.

En revanche, grâce au traitement du signal, le problème se réduit très simplement à 25 nœuds et 5 points de vente. L'ensemble des configurations d'implantation étant alors limité à 10 626, il serait même possible de les examiner toutes d'une manière exhaustive en retenant la solution générant la meilleure fonction objectif.

En pratique, les spécialistes de la localisation réalisent beaucoup d'approximations pour simplifier et tout de même réussir à construire le modèle p-médian. Dans notre cas, l'Ouest parisien aurait été découpé très certainement en communes de périphérie, en arrondissements ou en quartiers tels que tout simplement Boulogne-Billancourt, Issy-Les-Moulineaux, Neuilly-Sur-Seine, Paris 7^{ème}, Paris 15^{ème}, Paris 16^{ème}, Paris 17^{ème}. Il aurait alors été assez facile de répartir les clients potentiels selon leur code postal dans telle commune ou tel arrondissement. Chaque élément de ce découpage aurait comporté un nœud placé au centre du secteur géographique : les professionnels choisissent en général un centre géographique parlant comme la mairie ou l'église, ce lieu étant d'ailleurs choisi par l'IGN pour repérer le secteur à partir de ses coordonnées géographiques. Les distances auraient ensuite été calculées à vol d'oiseau et chaque nœud aurait reçu le poids lié au nombre de clients potentiels habitant dans le secteur correspondant. La chose se complique quand le découpage ne s'identifie pas à des communes ou à des arrondissements bien définis mais à des cellules plus petites (ex. quartier ou pâté de maisons) ou encore à des zones à cheval sur deux communes ou arrondissements: pour pouvoir exploiter la base de données de Consodata par cette méthode classique, il aurait alors fallu prendre tout à tour chacun des 10 000 clients et l'affecter manuellement à telle ou telle cellule ce qui constitue une tâche herculéenne.

Dans le cas, le plus simple, on aurait eu :

- ▶ un nœud pour Boulogne-Billancourt avec un poids de 1732 clients potentiels
- ▶ un nœud pour Issy-Les-Moulineaux avec un poids de 952 clients potentiels
- ▶ un nœud pour Neuilly-Sur-Seine avec un poids de 398 clients potentiels
- ▶ un nœud pour Paris 7^{ème} avec un poids de 517 clients potentiels
- ▶ un nœud pour Paris 15^{ème} avec un poids de 3456 clients potentiels
- ▶ un nœud pour Paris 16^{ème} avec un poids de 1087 clients potentiels
- ▶ un nœud pour Paris 17^{ème} avec un poids de 2069 clients potentiels

soit 7 nœuds et 10 211 clients potentiels au total.

En tenant compte des coordonnées des mairies d'arrondissement et des communes de périphéries ainsi que du prix de l'immobilier commercial, les paramètres des 7 nœuds à entrer dans le modèle p-médian seront alors :

Nœud	Poids	X	Y	Prix Surface Commerciale au m ²
1- Boulogne-Billancourt	1732	336	1549	15000
2- Issy-les-Moulineaux	952	788	1880	14615
3- Neuilly-sur-Seine	398	837	380	20000
4- Paris 7^{ème}	517	1467	996	25081
5- Paris 15^{ème}	3456	1255	1442	17443
6- Paris 16^{ème}	1087	858	1001	21622
7- Paris 17^{ème}	2069	1440	339	16453

Tableau 6.1 - Analyse des arrondissements et des communes appartenant à la zone étudiée

La mise en œuvre de l'algorithme flou ou des coefficients de Lagrange nous donne pour une localisation à placer, logiquement le plus gros nœud également le plus central soit le nœud 5 (15^{ème} arrondissement) et pour deux localisations à placer les nœuds 5 et 7 en adéquation avec notre algorithme qui conseillait de situer les deux magasins dans les 15^{ème} et le 17^{ème} arrondissements.

Pour 3 magasins à placer, la résolution du modèle p-médian nous indique les nœuds 1 (Boulogne-Billancourt), 5 (15^{ème} arrondissement) et 7 (17^{ème} arrondissement) : là encore, les nœuds indiqués correspondent à ceux de notre algorithme (aires 1, 10 et 18).

En revanche, pour 4 localisations, cette méthode nous indique les nœuds 1 (Boulogne-Billancourt), 5 (15^{ème} arrondissement), 6 (16^{ème} arrondissement) et 7 (17^{ème} arrondissement) : l'algorithme trop simpliste met en avant un nouvel arrondissement, le 16^{ème}, où réside peu de potentiel alors qu'il y avait finalement possibilité de placer un deuxième point de vente plus porteur à l'Ouest du 17^{ème} arrondissement. Le 17^{ème} arrondissement a cela de particulier en effet qu'il compte pratiquement le double de clients potentiels comparé au 16^{ème} et que d'une forme longiligne, il est en quelque sorte scindé en deux, avec à l'Ouest les beaux quartiers (avenue de la Grande Armée / Ternes) et bien plus à l'Est des quartiers plus modestes (Guy Môquet / Batignolles).

Nombre de points de vente à placer	Nœuds solutions
2	5, 7
3	1, 5, 7
4	1, 5, 6, 7

Tableau 6.2 - Nœuds solution avec un p-médian classique

La méthode classique du p-médian a ici ignoré cette répartition du 17^{ème} en deux pôles et a tout amalgamé. Notre algorithme au contraire a respecté les frontières naturelles des aires de chalandise en détectant les deux concentrations de clients potentiels et les opportunités d'implantation. La méthode classique du p-médian a le fort inconvénient de nécessiter le jugement subjectif du manager qui doit lui-même découper les secteurs en fonction de sa logique toute personnelle.

Nombre de points de vente à placer	Nœuds solutions	
	P-médian classique	Notre algorithme
2	15 ^{ème} , 17 ^{ème}	Paris 17 ^{ème} Epinettes, Paris 15 ^{ème} Grenelle
3	15 ^{ème} , 16 ^{ème} , 17 ^{ème} , Boulogne-Billancourt	Paris 17 ^{ème} Epinettes, Paris 15 ^{ème} Grenelle, Boulogne-Billancourt
4	15 ^{ème} , 17 ^{ème} , Boulogne- Billancourt	Paris 17 ^{ème} Epinettes, Paris 15 ^{ème} Grenelle, Boulogne-Billancourt, Paris 17 ^{ème} Ternes

Tableau 6.3 - Comparatif des résultats entre notre algorithme et l'utilisation classique du p-médian

L'algorithme à base de traitement du signal que nous utilisons, détecte lui-même les aires intéressantes sans introduire ce biais. Ce dernier ne s'arrête pas là : comme nous l'avons vu, il

va se concentrer, sur les aires intéressantes, dans une seconde phase pour y rechercher de manière plus précise les emplacements les meilleurs, étape qu'ignore totalement la méthode classique. Cela étant dit, les résultats fournis ne dispensent pas le manager de leur analyse et de leur interprétation qui doit en particulier tenir compte de la présence de concurrents sur le terrain et des conditions passées de leur implantation. C'est ce type d'analyse que nous allons réaliser dans le chapitre suivant à partir des données que nous venons de décrire.

6.2 Implications managériales et stratégique : analyse des localisations existantes et choix d'une nouvelle localisation

6.2.1 Vérifier la bonne localisation de magasins existants

La résolution du modèle p-médian, au niveau des 25 aires délimitées par traitement du signal, nous a indiqué que, pour implanter 6 points de vente, il fallait choisir les aires 10, 1, 18, 6, 12 et 9. Or, le tableau suivant nous montre de façon étonnante que 5 aires sur les 6 premières aires préconisées sont déjà occupées par un ou plusieurs magasins "bio" (toutes sauf l'aire 18)

:

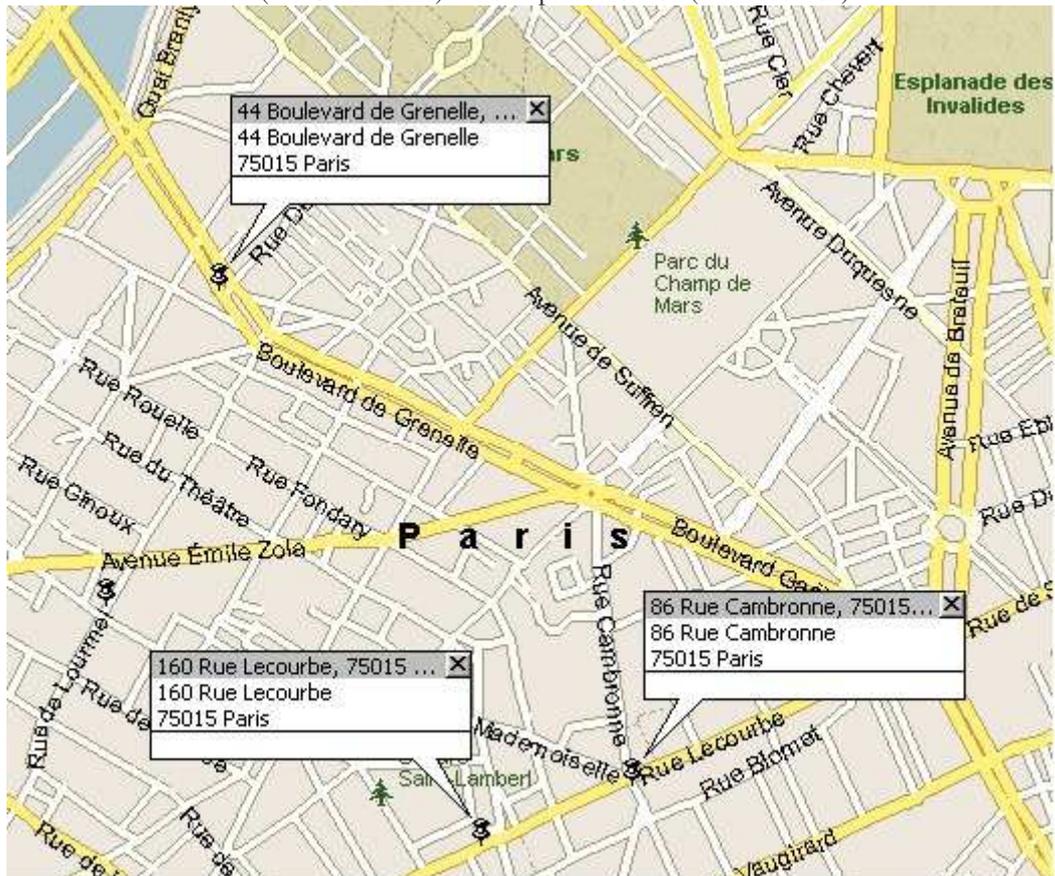
Groupe	Point de Vente	Rue	Code Postal	Commune	Aire de Rattachement
Naturalia	Naturalia	38 av de la Motte Picquet	75007	Paris	9
	Naturalia	86 rue de Cambronne	75015	Paris	extrémité est de 10
	Naturalia	25 rue des Sablons	75016	Paris	
	Naturalia	26 rue Poncelet	75017	Paris	6
	Naturalia	16 rue de Levis	75017	Paris	4
Biocoop	Biocoop Grenelle	44 Bd Degrenelle	75015	Paris	10
	Biocoop Paris 17ème	153 Rue Legendre	75017	Paris	1
	Les Nouveaux Robinsons	127 Av. Jean-Baptiste Clément	92100	Boulogne-Billancourt	
	Les Nouveaux Robinsons	14 Rue Des Graviers	92200	Neuilly-Sur-Seine	
Espace Bio	Espace Bio Saint Charles	20 rue de l'Eglise	75015	Paris	12

Tableau 6.4 - les magasins "bio" de la région parisienne et leur aire de rattachement

En particulier, l'aire 10 qui est la zone stratégiquement la plus intéressante comporte déjà 2 implantations. On remarque que le groupe BioCoop occupe déjà de façon judicieuse les aires 10 et 1 et que l'une des implantations de Naturalia se centre aussi dans l'aire 10.

Plus précisément, nous avons mis en avant dans l'aire 10, la sous-aire 14 qui a son centre de gravité au sud du Square St. Lambert au niveau de l'avenue Lecourbe (n° 160 environ) : il s'avère que le magasin Naturalia de cet arrondissement (86 rue de Cambronne) se situe à moins de 200 mètres de cette préconisation.

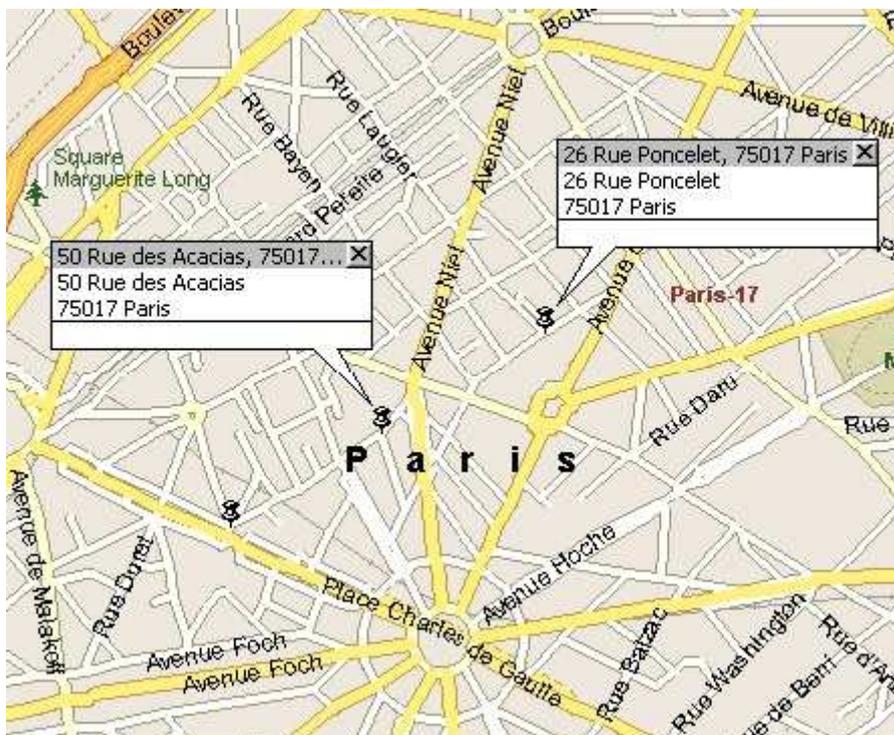
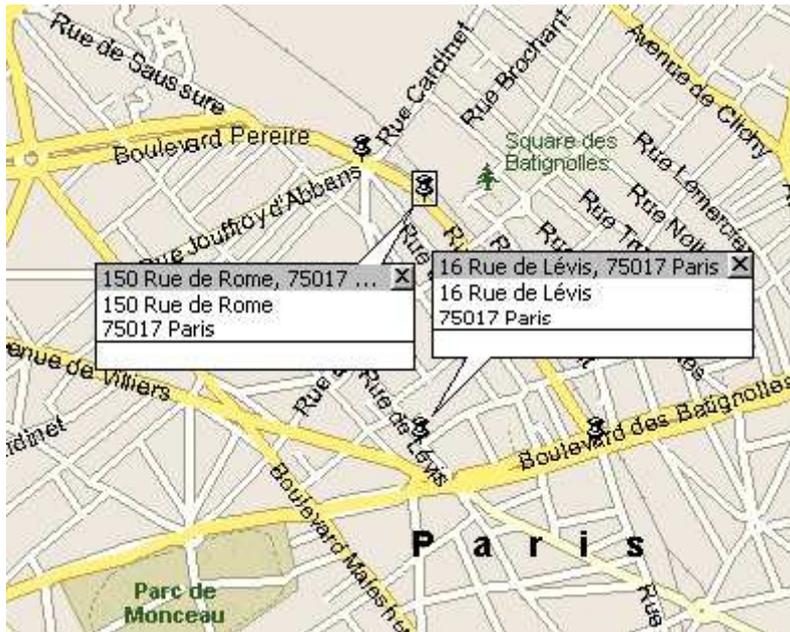
Fig. 6.1 - Le supermarché BioCoop (bd de Grenelle), le supermarché Naturalia (rue Cambronne) et notre préconisation (rue Lecourbe)



Au sein de l'aire 1 du 17^{ème} arrondissement, nous avons vu que la sous-aire 2 paraît la plus conseillée: son centre de gravité est placé au milieu de la rue Guy Môquet entre les avenues très passantes de Clichy et de St. Ouen. Il s'avère que dans ce cas aussi, le point de vente BioCoop dans ce quartier situé 153 rue Legendre est à moins de 200 mètres de la localisation que nous avons donnée !

et 23. Mais, à y regarder de plus près ces aires 22 et 23 assez petites sont très proches en fait de la sous-aire 14 au sein de l'aire 10. Leur intérêt pour localiser un nouveau point de vente est donc moindre. Egalement, les aires venant tout de suite après cette série et indiquées par les algorithmes sont l'aire 7 (avenue des acacias proche de l'avenue de la Grande Armée dans le 17^{ème}) et l'aire 3 (à la jointure entre le bd Pereire et la rue de Rome dans le 17^{ème}, proche du Square des Batignolles). Ces aires ont cela de particulier qu'à partir du 9-médian, elles remplacent et font disparaître l'aire 6. Mais là encore, à cent mètres de l'avenue des acacias, l'emplacement est occupé par Naturalia rue Poncelet (sur une aire voisine), de même pour l'aire 3 où se situe déjà à proximité un autre magasin Naturalia (rue de Lévis - figures 6.3 et 6.4).

Fig. 6.3 - Le magasin Naturalia dans le 17ème (rue de Lévis et rue Poncelet) et les emplacements préconisés



Il apparaît donc clairement qu'à l'Ouest de Paris, les emplacements ayant le potentiel commercial le plus fort sont tous occupés et qu'à moins de se lancer dans une stratégie agressive de localisation dans l'environnement immédiat des concurrents, il faut chercher des sites à Paris extra-muros ou en province. En effet, les prévisions limitées de développement du "bio" justifient le fait qu'on ne puisse se contenter d'emplacements de second ordre dans

Paris en espérant que la croissance du secteur compensera la faiblesse de la localisation. De plus, s'il arrivait que la demande en produits "bio" atteigne celle du commerce traditionnel de détail, il serait fort probable que les supermarchés des grandes chaînes occupant depuis longtemps d'excellents sites dans Paris basculeraient automatiquement vers ce type d'offre (éventuellement selon le même schéma que les supermarchés G20 qui ont changé leur enseigne en BioCoop).

Fig. 6.4 - 2 points de vente Naturalia du 16 rue de Lévis et,



Fig. 6.5 - du 26 rue Poncelet (XVIIème)

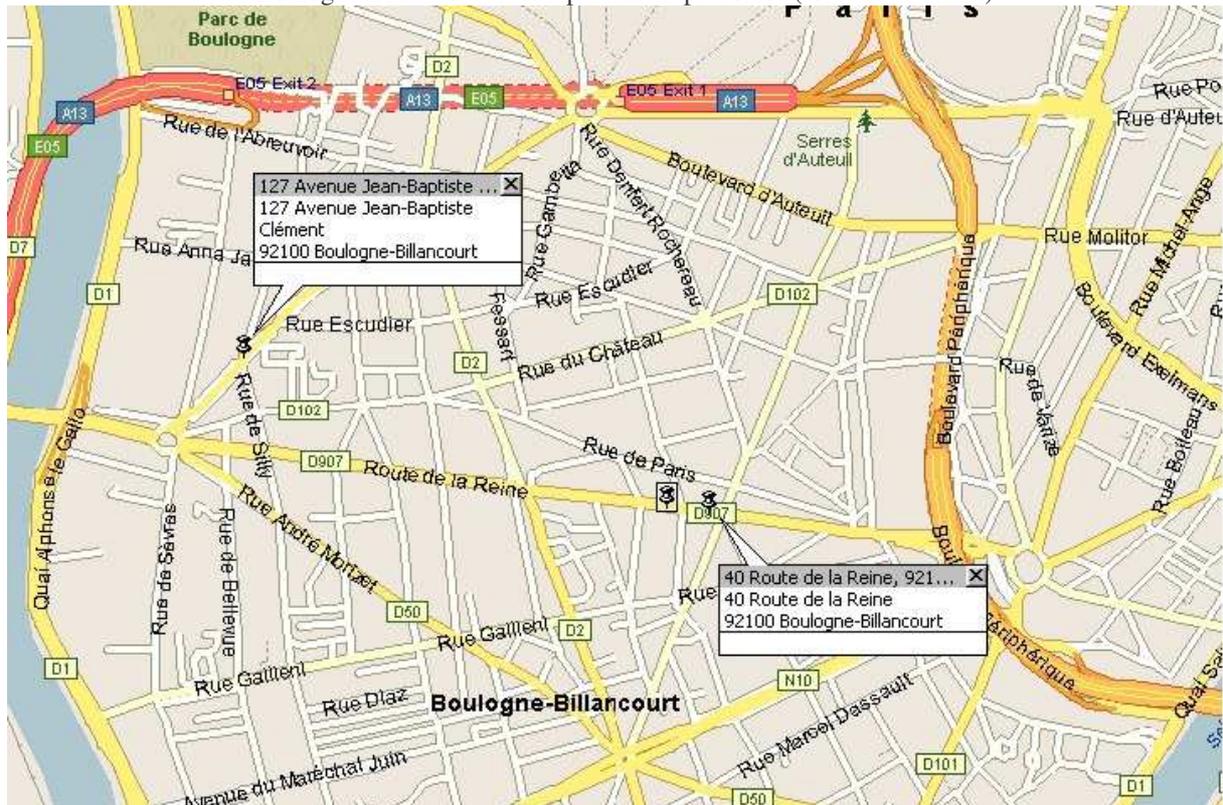


Pour ces raisons, l'aire 18 sur laquelle nous revenons, paraît potentiellement assez intéressante. La commune dans laquelle elle est située, Boulogne-Billancourt, comporte presque le même niveau de clients potentiels (1732) que le 17^{ème} arrondissement de Paris mais ne présente qu'un seul magasin "bio", BioCoop-Les Nouveaux Robinsons. En outre, ce magasin n'est pas situé directement à proximité de l'aire 18 que nous préconisons pour implanter un nouveau point de vente, mais à l'Ouest de Boulogne-Billancourt en bordure de Seine.

L'emplacement mis en avant par l'algorithme (pour le 3-médian) est placé au centre de gravité de l'aire 18, soit approximativement au 40 route de la Reine à Boulogne-Billancourt (figure 6.6). Il ne connaît aucune concurrence géographiquement proche dans son secteur et se situe

en limite du 16^{ème} arrondissement de Paris, de l'Ouest du 15^{ème} arrondissement et d'Issy-les-Moulineaux, secteur à potentiel dans lesquels n'existe également aucun magasin distribuant des produits biologiques.

Fig. 6.6 - Le magasin BioCoop-Les Nouveaux Robinsons (rue Clément) à Boulogne-Billancourt et l'emplacement préconisé (route de la Reine)



Nous constatons à travers cette étude d'implantation que le traitement du signal associé au modèle p-médian confirme l'optimalité d'implantation des points de vente des deux groupes BioCoop et Naturalia ainsi que du magasin Espace "bio" St. Charles. Les meilleures localisations déterminées par l'algorithme sont cependant, à 150 mètres près, occupés pour la plupart par les points de vente de ces réseaux. Après avoir donc constaté une certaine saturation de l'offre "bio" dans l'Ouest de Paris, la méthode a mis en exergue un autre emplacement viable de premier choix, situé à Boulogne-Billancourt, proche de toutes les aires riches en clientèle potentielle et, malgré tout, libre de toute concurrence.

6.2.3 Développer une stratégie de localisation des réseaux de points de vente

Notre méthode permet, on l'a vu, de déterminer les meilleures localisations sur un territoire pour un ensemble de magasins. Or, la domination économique d'un territoire nécessite également de tenir compte des sites concurrents et d'élaborer une réelle stratégie de développement dans le temps. Cette stratégie peut être offensive et se traduire par l'extension du réseau, la création de nouveaux points de vente ou bien l'assimilation de points de vente concurrents. On parle alors de stratégie d'évitement ou de stratégie de recherche de concurrent selon que l'on souhaite exploiter des zones vierges de toute concurrence ou bien au contraire aller à l'affrontement en n'hésitant pas à se placer au plus proche des concurrents (voir §3.4.2) sans exclure la possibilité de fermer les points de vente les moins rentables (stratégie de downsizing ⁶⁵⁶). La première approche englobe les stratégies de remplissage et celles d'expansion de marché. Elle peut être aussi entièrement défensive, lorsque l'entreprise, face à des difficultés économiques liées ou non à l'action des compétiteurs est contrainte de restructurer son réseau en fermant les points de vente engendreront le plus de dettes et en relocalisant ou en regroupant éventuellement des points de vente. Voyons comment concrètement, entreprendre ce type de stratégies à partir de la méthode de traitement du signal et du modèle p-médian. Etant donné que nous ne possédons pas le résultat et le chiffre d'affaires des points de vente, il nous reste à raisonner sur des hypothèses. Des stratégies de recherche de concurrents et de prédation favoriseraient les implantations à proximité immédiate de magasins "bio" appartenant à la concurrence. En l'occurrence, pour ce qui est de la distribution de produits "bio" dans l'Ouest parisien qui nous préoccupe, on compte donc trois acteurs dans ce secteur.

Rappelons tout d'abord, les forces en présence :

⁶⁵⁶ DAVIDSON W.R., SWEENEY D.J. et STAMPFL R.W. (1988) *Retailing Management*, 6^{ème} Ed., New York : Wiley, cité par Cliquet G. dans *Valeur Spatiale des Réseaux et Stratégies d'Acquisition des Firmes de Distribution*, in *Valeur, Marché et Organisation*, Ed. J-P. Brechet, Presses Académiques de l'Ouest., p.234.

Biocoop compte 4 implantations dans la zone analysée soit:

- *BioCoop Grenelle 44 Bd de Grenelle 75015 Paris*
- *BioCoop Paris 17^{ème} 153 Rue Legendre 75017 Paris*
- *Les Nouveaux Robinsons 127 Avenue Jean-Baptiste Clément 92100 Boulogne-Billancourt*
- *Les Nouveaux Robinsons 14 Rue des Graviers 92200 Neuilly Sur Seine*

Naturalia possède 5 implantations,

- *38 av de la Motte Picquet 75007 Paris*
- *86 rue de Cambronne 75015 Paris*
- *25 rue des Sablons 75016 Paris*
- *26 rue Poncelet 75017 Paris*
- *16 rue de Levis 75017 Paris*

Et EspaceBio, une seule:

- *EspaceBio 20 rue de l'Eglise 75015 Paris*

Plaçons-nous donc plutôt dans une stratégie plus classique qui viserait à occuper les zones non encore exploitées comme une stratégie de type évitement en concordance avec la première étape du principe de différenciation minimale de Hotelling⁶⁵⁷ (voir § 2.1.4). Le secteur "bio" est en effet encore en plein développement et malgré un nombre d'implantations déjà importants, il reste encore des places à prendre (voir chapitre précédent avec la situation de Boulogne-Billancourt). Si l'on recense les localisations de ces magasins par groupe comparées aux localisations optimales dans l'ordre déterminées par notre méthode, on obtient le tableau 6.4.

Aires d'implantation optimale	Quartier Correspondant	Naturalia	Biocoop	Espace Bio
10	Paris 15ème Grenelle Est	Oui	Oui	Non
1	Paris 17ème Epinettes	Oui	Oui	Non
18	Boulogne-Billancourt Est	Non	Partiellement	Non
6	Paris 17ème Ternes	Oui	Non	Non
12	Paris 15ème Grenelle Ouest	Non	Non	Oui
9	Paris 7ème Gros-Caillou	Oui	Non	Non
Nombre d'implantations optimales		4	2,5	1

Tableau 6.4 - Bilan des implantations des magasins "bio" dans les aires optimales

Si l'on compte le nombre d'implantations optimales occupées par chacun des réseaux, on observe que Naturalia dépasse Biocoop avec respectivement 4 et 2,5 localisations

⁶⁵⁷ HOTELLING H. (1929) Stability in Competition, *The Economic Journal*, vol. 39, p. 41-57.

stratégiquement intéressantes (le site de Boulogne-Billancourt a été compté pour moitié étant donné qu'il n'est pas exactement situé à l'endroit de la localisation optimale mais à proximité tout de même). On remarque également que, finalement, toutes les aires comprennent au moins un magasin et que les aires 10 et 1 avec leurs forts potentiels qui n'ont pas échappé aux deux concurrents, possèdent chacune une implantations des deux principaux groupes, Naturalia et Biocoop. Les produits biologiques sont en pleine ascension et gagnent de plus en plus de notoriété dans la population. La tendance actuelle des réseaux distribuant ces produits est donc plutôt d'étendre leur présence dans des zones géographiques encore inexploitées. EspaceBio, avec son magasin unique, aura du mal à développer un réseau de points de vente dans l'Est de la région parisienne, puisque pratiquement toutes les aires et quartiers comportent déjà une implantation concurrente. Le chapitre précédent nous a montré que Boulogne-Billancourt recelait encore une aire potentiellement intéressante sans concurrence notable. Nous nous proposons d'étudier tout d'abord le cas de l'extension des deux réseaux principaux Naturalia et BioCoop dans le cadre d'une stratégie d'expansion du marché en établissant des têtes de pont et en évitant soigneusement la concurrence.

L'extension des réseau de distribution des produits biologiques grâce à une stratégie d'expansion du marché

Il s'agit d'examiner sur le terrain, quelles sont les possibilités de Naturalia et de BioCoop d'agrandir leur réseau dans un environnement favorable et, dans le cas positif, la stratégie qu'il faudrait alors adopter. La création d'un nouveau site dans l'aire 18 à Boulogne-Billancourt permettrait à Naturalia d'améliorer sa couverture géographique dans une aire où la concurrence ne fait pas rage. Un nouveau site BioCoop dans cette aire 18 encore vierge donnerait à ce réseau la possibilité de verrouiller sa présence à Boulogne-Billancourt. BioCoop occuperait les deux quartiers stratégiquement importants de cette ville. Tout

nouveau concurrent devrait alors ensuite "se contenter des miettes" et réaliser des efforts vraiment importants sur le plan de la promotion pour asseoir sa notoriété en face de ce concurrent majoritaire au niveau local. Mais, BioCoop n'est connu à Boulogne-Billancourt que sous l'enseigne "Les Nouveaux Robinsons". Pour vraiment bénéficier de la force du réseau dans ce cadre et minimiser les conséquences d'une implantation concurrente, il s'agirait donc en plus, que l'enseigne BioCoop soit effectivement adoptée comme bannière commune dans tous les points de vente du réseau.

D'autre part, on a vu (§ 6.2.1) que le BioCoop Paris 15^{ème} Grenelle Est et BioCoop Paris 17^{ème} étaient d'anciens supermarchés G20 traditionnels reconvertis récemment au "bio". Le risque pour Naturalia est qu'en définitive, ces supermarchés classiques changent graduellement d'enseigne et de type de produits en arborant l'enseigne BioCoop et en distribuant alors les produits "bio" de ce groupement. Voici les adresses de tous les supermarchés G20 de l'Ouest parisien :

- 6, rue Lakanal - Paris 15^{ème}
- 269, rue Lecourbe - Paris 15^{ème}
- 23-25 rue Georges Bernard Shaw - Paris 15^{ème}
- 6-14 rue Belles Feuilles - Paris 16^{ème}
- 22, rue Duban - Paris 16^{ème}
- 41, rue st.ferdinand - Paris 17^{ème}
- 175 avenue de Clichy - Paris 17^{ème}
- 108, avenue du Gal de Gaulle - Neuilly sur Seine

Cette "réserve" d'espace foncier commercial convertible en espace de vente de produits "bio" est susceptible de menacer Naturalia dans les quartiers où le réseau est bien implanté. Ainsi, nous avons donné le 160 rue Lecourbe dans le 15^{ème} arrondissement comme emplacement optimal. Naturalia possède en son voisinage (86 rue de Cambronne), un point de vente. Or, à quelques centaines de mètres près, cohabite également au 269 rue Lecourbe, un supermarché G20 qui, s'il devenait "bio", menacerait directement le magasin Naturalia. Egalement, le supermarché G20 du 6, rue Lakanal ne se trouve qu'à un pâté de maison du même magasin Naturalia. Ainsi, ce magasin est entouré au sud-ouest, à l'ouest et au nord-ouest, par une barrière de trois supermarchés G20 formant une ligne nord-sud 15^{ème} arrondissement et

occupant une bonne partie de l'imposante aire 10. S'il arrive qu'un jour, ces supermarchés deviennent des BioCoop, Naturalia n'aurait plus qu'à se contenter de la maigre partie Est du 15^{ème} arrondissement bordé par la frontière naturelle des jardins de l'Ecole Militaire et un arrondissement, le 7^{ème}, moins riche en clients potentiels car accueillant bon nombre d'administrations et ambassades. Ainsi, Naturalia serait en position de faiblesse dans l'aire 10 possédant le marché de clients "bio" le plus important.

A l'Est du 17^{ème} arrondissement (aire optimale 1) sont présents Naturalia et BioCoop. Certes, le point de vente Naturalia est plus proche de la localisation optimale que nous avons donnée (150 rue de Rome), mais BioCoop n'est pas loin non plus avec son magasin rue Legendre. Pour étendre son réseau, dans ce quartier peuplé, BioCoop aurait là encore la possibilité de convertir le supermarché G20 de la rue de Clichy, à la condition que le groupe arrive à négocier un tel accord. La rue de Clichy a l'avantage supplémentaire d'être un grand axe de circulation et de commerce du nord de Paris, ce qui améliorerait la visibilité d'un magasin "bio". Cette visibilité peut aussi être un facteur important dans le succès commercial d'un magasin. Ainsi, pour améliorer encore notre méthode, il faudrait sans doute affecter un poids plus important aux nœuds du modèle p-médian correspondant à des localisations potentielles situées sur ou à proximité d'axes de circulation importants, si l'on juge que cette caractéristique peut jouer sur la performance des points de vente.

Par contre, Naturalia compte une implantation dans l'Ouest du 17^{ème} (Paris 17^{ème} Ternes - aire optimale 6) contrairement à BioCoop. Mais, là également, surprise, un supermarché G20 se situe également dans ce quartier des Ternes commercialement intéressant (supermarché G20, 41 rue St. Ferdinand, Paris 17^{ème}).

Naturalia possède une implantation dans le 16^{ème} arrondissement non identifiée en tant qu'aire optimale (rue des Sablons) et où les consommateurs réputés aisés et plus traditionnels sont moins enclins à acheter des produits biologiques. Dans ce cas également, même si BioCoop

n'est pas présent, deux supermarchés G20 existent bel et bien (6-14 rue Belles Feuilles et 22, rue Duban). Neuilly-sur-Seine est habité par le même type de consommateurs et dans cette ville, BioCoop a déjà un magasin et G20, un supermarché.

En résumé, on remarque que, bien que BioCoop possède moins d'implantations dans les aires optimales par rapport à Naturalia, le fait que ce réseau ait réussi à convertir déjà plusieurs supermarchés G20 en supermarché "bio" à son enseigne pourrait lui donner une supériorité inégalée s'il confirmait son expansion via cet accord avec un réseau de distribution classique. Son nombre d'implantations dans les aires intéressantes pourraient ainsi passer de 2,5 à 7,5 maximum (avec une augmentation des aires optimales où il est présent de 3 à 4).

	Aires d'implantation optimale	Quartier Correspondant	Naturalia	BioCoop	BioCoop avec G20	Espace Bio
	10	Paris 15 ^{ème} Grenelle Est	1	1	4	0
+	1	Paris 17 ^{ème} Epinettes	1	1	2	0
+	18	Boulogne-Billancourt Est	0	0,5	0,5	0
+	6	Paris 17 ^{ème} Ternes	1	0	1	0
+	12	Paris 15 ^{ème} Grenelle Ouest	0	0	0	1
+	9	Paris 7 ^{ème} Gros-Caillou	1	0	0	0
=	Nombre d'implantations optimales		4	2,5	7,5	1
+	Aire non-optimale	16 ^{ème} arrondissement	1	0	1	0
+	Aire non-optimale	Neuilly-sur-Seine	0	1	2	0
=	Total d'implantations optimales		5	3,5	10,5	1

Tableau 6.6 - Bilan des implantations des magasins "bio" selon les aires optimales et non-optimales

Comme les trois implantations de supermarchés G20 sont voisines de l'aire 12 (Paris 15^{ème} Grenelle Ouest) où est implanté le supermarché unique EspaceBio, nul doute que la clientèle de ce quartier viendrait également y faire ses courses. Seul manquerait au réseau BioCoop un

magasin dans l'aire optimale 9 de Paris 7^{ème}. L'expansion dans cette région pourrait alors s'effectuer par une création pure d'un magasin. Le réseau BioCoop pourra faire jouer au maximum la synergie de ces implantations et accroître sa notoriété en faisant adopter surtout pour son implantation importante de Boulogne-Billancourt, mais aussi pour celle de Neuilly-sur-Seine, son enseigne véritable au lieu de celle des "Nouveaux Robinsons", nom de baptême donné par les créateurs de ces deux commerces au temps où les magasins ne faisaient pas encore partie d'un groupement. Cette enseigne commune pourra par exemple donner l'opportunité d'une promotion des magasins et de leurs produits dans les médias de masse au niveau régional ou même national ce qui n'est actuellement pas possible compte-tenu de la diversité des enseignes.

Naturalia, quant à lui, est loin d'être en position de force. Sa stratégie d'expansion pourrait consister d'abord à ouvrir un point de vente dans l'aire libre 18 à l'Est de Boulogne-Billancourt. L'aire 12 (Paris Grenelle 15^{ème} Ouest), certes déjà occupée par EspaceBio, pourrait aussi être une opportunité pour Naturalia pour prendre en tenaille avec ses implantation à l'Est de l'aire 10 (Paris 15^{ème} Grenelle Est) et dans l'aire 9 (Paris 7^{ème}) le magasin EspaceBio et les trois magasins G20 s'il advenait que ces derniers passent à l'enseigne BioCoop. Les aires de chalandise effectives de Naturalia prenant pour objet les clients réels des points de vente empiéteraient donc largement à l'est et à l'ouest sur celles de BioCoop malgré ses nouvelles implantations G20. Une stratégie de communication offensive pourrait, si elle était pratiquée sous peu, donnée en plus une avance non-négligeable au réseau des magasins Naturalia qui possèdent, d'après les observations pratiquées sur le terrain, l'inconvénient d'avoir des surfaces commerciales plus petites, du niveau de celle de l'épicerie plutôt que de celui du supermarché (contrairement aux supermarchés G20). Une autre approche pourrait être de segmenter le marché et de se lancer sur les produits "bio" haut de gamme. Le réseau BioCoop semble, lui, en effet plutôt privilégier la distribution de masse

tout comme le supermarché EspaceBio. Les clients des nouveaux magasins BioCoop ne sont-ils pas non plus en grande partie ceux des anciens supermarchés G20 ? Passer de la distribution de produits traditionnels aux produits "bio" permet aux BioCoop anciennement G20 de familiariser la population souvent méfiante avec ce genre de produits ce que n'a pas su faire Naturalia qui adresse ces produits à une clientèle de connaisseurs. Une stratégie inverse pouvant être adoptée par Naturalia serait de rechercher des commerces traditionnels du style de l'épicerie de quartier pouvant et souhaitant se convertir au "bio" au moins graduellement, en intégrant de plus en plus ce type de produits dans leurs références jusqu'à adopter officiellement l'enseigne Naturalia. Il existe en effet dans Paris une multitude de petites épiceries souvent tenues par des étrangers et ayant des heures d'ouverture assez souples (jusqu'à minuit le soir et le dimanche) qui pourraient éventuellement être fédérées en un réseau. Encore faudrait-il étudier la bonne volonté de ces commerçants indépendants vis-à-vis d'une telle offre et sa faisabilité, puisque bon nombre de ces épiceries s'approvisionnent déjà auprès de la centrale de distribution Carrefour-Promodès.

Les supermarchés G20 du commerce traditionnel sont, nous l'avons vu, bien complémentaires des implantations de BioCoop puisque la fusion de ces deux réseaux pourraient amener au groupe de distribution de produits "bio" une représentativité intéressante dans toutes les aires stratégiques appartenant à la zone de chalandise délimitée par la méthode de traitement du signal. Il apparaît également que les réseaux BioCoop et Naturalia ont un certain niveau de complémentarité spatiale du fait qu'un magasin d'un réseau est souvent présent dans une aire alors que l'autre n'en possède pas. Leurs implantations dans certaines aires majeures sont très voisines et donc directement concurrentes (aires 10 et 1). Cette complémentarité pourrait s'exercer dans les aires stratégiques 18 (Boulogne-Billancourt Est), 6 (Paris 17^{ème} Ternes), 12 (Paris 15^{ème} Grenelle Ouest), 9 (Paris 7^{ème} Gros-Caillou) et dans les régions non répertoriées comme majeures telles Paris 16^{ème} et Neuilly-sur-Seine.

Dans le cas de la fusion des deux groupes Naturalia et BioCoop (voir tableau ci-dessous), la couverture géographique est excellente puisque avec 9 magasins, l'ensemble possède une présence dans toutes les aires stratégiques hormis l'aire 12 (Paris 15^{ème} Grenelle Ouest) occupée par EspaceBio et dans le 16^{ème} arrondissement et la commune de Neuilly-sur-Seine, même si le nombre d'implantations dans les aires optimales est légèrement inférieur comparé à la configuration BioCoop + supermarchés G20. Mais, cette fusion est assez improbable puisqu'elle condamne de futurs conversions de supermarchés G20 en BioCoop (les supermarchés G20 sont en général très proches géographiquement des magasins Naturalia).

Ainsi, le groupe BioCoop apparaît, compte-tenu de la qualité de ses implantations, en position de supériorité face au réseau Naturalia. Si de nouveaux supermarchés G20 passaient sous l'enseigne BioCoop, Naturalia serait, d'autre part, menacé par cette concurrence directe à proximité de ses sites. Etudions maintenant le cas à la suite de tels changements d'enseignes. Naturalia, assailli par cette nouvelle donne et en proie à des difficultés économiques, serait conduit à réaliser des économies importantes et à adopter une stratégie défensive.

	Aires d'implantation optimale	Quartier Correspondant	Naturalia	BioCoop	BioCoop avec Naturalia	Présence - BioCoop avec Naturalia
	10	Paris 15 ^{ème} Grenelle Est	1	1	2	Oui
+	1	Paris 17 ^{ème} Epinettes	1	1	2	Oui
+	18	Boulogne-Billancourt Est	0	0,5	0,5	Oui
+	6	Paris 17 ^{ème} Ternes	1	0	1	Oui
+	12	Paris 15 ^{ème} Grenelle Ouest	0	0	0	0
+	9	Paris 7 ^{ème} Gros-Caillou	1	0	1	Oui
=	Nombre d'implantations optimales		4	2,5	6,5	Oui
+	Aire non-optimale	16 ^{ème} arrondissement	1	0	1	Oui
+	Aire non-optimale	Neuilly-sur-Seine	0	1	1	Oui

=	Total d'implantations optimales	5	3,5	8,5
---	---------------------------------	---	-----	-----

Tableau 6.7 - Comparaison des implantations optimales et non-optimales des réseaux et de leur regroupement

Stratégie défensive et restructuration des réseaux de distribution des produits biologiques

Si l'on se réfère au tableau ci-dessous, une fusion totale entre les supermarchés G20 et le groupe BioCoop mènerait à une concurrence féroce principalement dans l'aire 10 - Paris 15^{ème} Grenelle Est) où un magasin Naturalia ferait face à quatre supermarchés BioCoop, dans l'aire 1 - Paris 17^{ème} Epinettes (1 magasin Naturalia contre 2 magasins BioCoop) et à Neuilly sur Seine (1 magasin Naturalia contre 2 magasins BioCoop). Naturalia ne conserverait le monopole de la distribution de produits "bio" que dans l'aire 9 - Paris 7^{ème} Gros-Caillou.

	Aires d'implantation optimale	Quartier Correspondant	BioCoop avec G20	Naturalia	Stratégie de Naturalia
	10	Paris 15 ^{ème} Grenelle Est	4	1	A fermer
+	1	Paris 17 ^{ème} Epinettes	2	1	A fermer
+	18	Boulogne-Billancourt Est	0,5	0	Créer un nouveau site
+	6	Paris 17 ^{ème} Ternes	1	1	Maintenir
+	12	Paris 15 ^{ème} Grenelle Ouest	0	0	
+	9	Paris 7 ^{ème} Gros-Caillou	0	1	Maintenir
=	Nombre d'implantations optimales		7,5	4	3
+	Aire non-optimale	16 ^{ème} arrondissement	1	1	Maintenir
+	Aire non-optimale	Neuilly-sur-Seine	2	0	
=	Total d'implantations optimales		10,5	3,5	4

Tableau 6.8 - Comparaison des implantations optimales et non-optimales de Naturalia avec le regroupement G20/BioCoop et stratégie de réponse de Naturalia

On peut miser sur le fait que ce réseau verrait alors son chiffre d'affaires chuter fortement dans les aires 10 et 1 et que leurs deux points de vente ne deviennent bien moins rentables. Dans le cas extrême de déficits importants pour ces magasins, la stratégie de Naturalia serait de fermer ces deux implantations et d'abandonner les aires 10 et 1 à la concurrence. L'implantation dans l'aire 6 - Paris 17^{ème} Ternes pourrait être conservée car Naturalia n'est au prise qu'avec un seul point de vente BioCoop-G20 dans une aire somme toute importante. L'aire 18 de Boulogne-Billancourt conserverait toujours son attrait et la réorganisation du réseau Naturalia pourrait envisager la création d'un nouveau point de vente dans ce segment géographique vierge de concurrence. Les implantations des aires 6 - Paris 17^{ème} Ternes et 9 - Paris 7^{ème} Gros-Caillou pourrait être conservées puisque, comme nous l'avons vu, elles ne sont pas directement menacées. De même, le site de Neuilly-sur-Seine serait susceptible d'être maintenu, même s'il ne représente pas pour l'instant un gros potentiel de clients pour les produits biologiques. Cette tendance peut néanmoins s'inverser un jour, s'il arrive que ce type de produits soit plus qu'une simple mode et conquiert l'assiette de monsieur tout le monde.

Ainsi, nous constatons que l'utilisation conjointe du traitement du signal et du modèle p-médian permet, suite à la délimitation des aires de chalandise et à l'identification des principales aires stratégiques d'implantation, de planifier l'expansion d'un réseau de distribution ou bien au contraire, de restructurer de tels réseaux lorsque la nécessité s'en fait sentir. La simple comparaison des implantations du réseau et de ses concurrents au sein de zones géographiques de marché offre la possibilité de juger de la pertinence d'une implantation à moyen terme. Il aurait été bien entendu plus intéressant, dans cette analyse, de connaître les résultats de chaque site, car certaines aires sont sans doute susceptibles, compte tenu de leur important potentiel commercial, d'accueillir un grand nombre de magasins sans que, nécessairement, les uns ou les autres ne pâtissent trop de la concurrence.

6.2.4 Déterminer la zone de chalandise de magasins

L'utilisation conjointe du traitement du signal et du modèle p-médian apparaît donc comme un moyen très efficace pour détecter des opportunités d'implantation, chercher des emplacements avec la perspective d'étendre son réseau de magasins ou même pour s'assurer de la bonne localisation de points de vente existants. La rapidité de la méthode, même mise en œuvre sur un simple micro-ordinateur, ne fait aucun doute : la phase de géocodage a pris 6 minutes pour 10 000 adresses, la phase de délimitation 30 secondes tout comme celle de la résolution du modèle p-médian pour 25 nœuds soit en tout, 7 minutes (si l'on ne tient pas compte de la dizaine de minutes nécessaire pour transférer les fichiers d'un logiciel à l'autre). Le processus ne se contente pas de donner les meilleurs emplacements commerciaux, il fournit par la même occasion les aires de chalandise de ces points de vente, les aires de chalandise des autres points de vente du réseau et celles des concurrents. Ainsi, nous avons vu par exemple que BioCoop Grenelle se partage l'aire de chalandise 10 avec Naturalia Cambronne et que BioCoop Paris 17^{ème} rassemble l'essentiel de ses clients dans l'aire 1. Il sera alors possible pour le manager suite à l'ouverture de son magasin, de planifier immédiatement des actions marketing sur l'aire de chalandise identifiée par cette méthode. Si un nouveau point de vente doit ouvrir dans Boulogne-Billancourt au sein de l'aire 18 ainsi que nous l'avons préconisé, il sera alors possible de considérer que cette aire 18 correspondra à la zone de chalandise principale de ce magasin et d'y effectuer les actions promotionnelles adéquates (distribution de prospectus dans les boîtes aux lettres, animation commerciale dans les rues correspondant à ces aires, création de panneaux publicitaires dans cette zone) : l'aire 18 sera en effet la zone entourant le magasin dans laquelle la densité de clients potentiels est la plus importante. Rien n'empêche cependant d'effectuer des opérations marketing sur les autres aires proches qui, elles aussi, peuvent receler des potentialités commerciales. Nous avons vu que, proche de l'aire 18, à Issy-les-Moulineaux et dans le 16^{ème} arrondissement de Paris, il n'y avait pas, pour

l'instant, de magasins distribuant des produits biologiques : étant donné que nous avons affaire à du commerce de proximité, il sera possible de considérer ces deux aires éloignées de l'aire 18 comme appartenant à la zone de chalandise secondaire. La probabilité d'y trouver des consommateurs potentiels sera plus faible, mais cependant non nulle étant donné qu'il n'existe aucun concurrent, proche de ces secteurs, capable d'attirer à lui ce potentiel.

6.2.5 Prévoir les ventes

Un troisième avantage découlant de l'évaluation des zones de chalandise est de pouvoir réaliser des prévisions de vente pour le (ou les) point(s) de vente à créer. Ces prévisions se fondent sur le modèle analogique décrit au chapitre 1 (§ 1.3.2.1). Supposons que Naturalia décide d'étendre son réseau de magasins en région parisienne et implante donc un point de vente dans l'aire 18 à Boulogne-Billancourt. Remarquons que Naturalia possède des implantations dans des aires similaires en 4, 6 et 9 (aires isolées dans lesquelles n'existe aucun autre concurrent). On peut donc considérer que cette enseigne s'accapare, au sein de ces trois aires, l'essentiel de la part de marché dans le domaine des produits bio. D'autre part, on constate que les étendues de ces aires, notées respectivement S_4 , S_6 et S_9 sont voisines ($S_4 = 730$, $S_6 = 754$ et $S_9 = 727$). Or, nous avons vu que les aires sont d'autant plus importantes en surface que le nombre de clients potentiels qu'elles intègrent est élevé, puisqu'elles sont caractérisées par des densités de clientèle similaires. Ainsi, en utilisant la méthode Analog, il sera possible d'évaluer le chiffre d'affaires de la nouvelle implantation dans l'aire 18 en postulant qu'il sera proportionnel au nombre de clients qui la compose et donc à la surface de cette même aire ($S_{18} = 535$). Le chiffre d'affaires au sein de l'aire 18 pourra être déduit des aires 4, 6 et 9 par une règle de trois, considérant tout simplement la moyenne des chiffres d'affaires des trois magasins pondérés par la surface relative de l'aire 18:

$$C_{18} = \frac{1}{3} \left[\frac{S_{18}}{S_4} C_4 + \frac{S_{18}}{S_6} C_6 + \frac{S_{18}}{S_9} C_9 \right],$$

C_4 , C_6 et C_9 étant les chiffres d'affaires dans les aires 4, 6 et 9. En première approximation, compte tenu des surfaces annoncées et en supposant que les chiffres d'affaires C_4 , C_6 et C_9 sont voisins, le chiffre d'affaires dans l'aire 18 sera alors 75 % de ceux des aires 4, 6 et 9.

La densité des clients potentiels étant approximativement la même dans chacune de ces aires, leur surface est directement proportionnelle à leur potentiel commercial (nombre de clients du magasin) supposée être en relation directe avec la performance du point de vente (chiffre d'affaires ou résultat).

Grâce à la logique combinée du traitement du signal et des modèles de localisation-allocation, il est donc possible sous réserve de posséder les données adéquates, de parvenir à construire un réseau de points de vente en quelques minutes et cela avec une grande précision. Le niveau d'analyse dépend de l'échelle des données. Dans l'exemple précédent, nous possédions une carte de France. L'étude de localisation a donc été réalisée à l'échelle de l'agglomération ou du département. Dans le cas parisien des magasins de produits biologiques, nous nous étions concentrés à l'échelle du quartier puis de la rue. Une étude complète d'implantation visera en toute logique à déterminer les meilleures villes, départements ou régions puis se concentrera comme nous l'avons fait, sur ces aires géographiques en y réalisant une micro-analyse locale.

Mais, même avec un niveau de précision pouvant atteindre la centaine de mètres (au niveau de la rue), un examen visuel et attentif des environs permettra seul au niveau très local de placer vraiment très précisément son point de vente, par exemple dans une rue de préférence passante ou à un endroit offrant une bonne visibilité, tout en tenant compte bien évidemment des espaces commerciaux disponibles.

6.3 Les avantages immédiats apportés par l'utilisation du traitement du signal en localisation commerciale

L'utilisation du traitement du signal dans le domaine de la localisation commerciale du point de vente engendre un certain nombre d'avantages immédiats pour le manager en particulier lorsque ce domaine est introduit au niveau de l'élaboration d'un modèle p-médian. Parmi les avantages, on peut citer ceux-ci :

1- Le modèle p-médian, construit, comme nous l'avons décrit, par les techniques de traitement du signal, comprend une étape de délimitation des aires de chalandise. La recherche de localisations optimales s'accompagne par la même occasion de l'identification de ces aires à différents niveaux (global, local) à la fois concernant leurs limites et leurs caractéristiques (étendue, nombre de clients, fréquentation moyenne) ce qui peut constituer pour le responsable marketing un avantage indéniable. L'analyse des aires de chalandise est en effet susceptible de servir plus tard à la réalisation d'opérations commerciales (exemples: mailing, ciblage des campagnes de communication sur les quartiers). Le travail effectué n'est donc pas seulement utile de manière ponctuelle lors de l'implantation de points de vente, mais peut aussi servir pour la gestion commerciale future du magasin.

2- Dans ce cadre, la rapidité et la précision de calcul des méthodes de traitement du signal comparées aux méthodes classiques de délimitation de zones de chalandise décrites au chapitre 1, ne fait aucun doute. Les méthodes de délimitation des zones de chalandise par filtrage par exemple nous donnent un résultat quasi-immédiat. Le gain de temps dans un processus de décision d'implantation est appréciable d'autant que souvent les décisions doivent être prises rapidement.

3- L'utilisation du traitement du signal pour déterminer les nœuds et le niveau de la demande simplifie considérablement la problématique du p-médian. Si on délimite les aires de chalandise par traitement du signal et que ce nombre d'aires délimitées est de q pour un

nombre n de clients et p d'activités à placer, on réduit donc le nombre de solutions à examiner dans le modèle p -médian en le faisant passer de:

$$\frac{n!}{p!(n-p)!}$$

(p activités à placer et n nœuds correspondant chacun à un client)

$$\text{à: } \frac{q!}{p!(q-p)!}$$

(p activités à placer et q nœuds correspondant chacun à une aire)

le rapport entre le nombre de solutions à examiner dans les deux cas est donc de:

$$\frac{n!(q-p)!}{q!(n-p)!}$$

Prenons l'exemple d'un réseau de 100 000 nœuds ou clients et pour lequel on cherche à localiser trois activités, et supposons que l'on obtienne une délimitation en 20 aires, ce qui est tout à fait plausible, alors le nombre de solutions à examiner est divisé par $2,5 \times 10^{21}$ (le nombre de solutions à examiner est alors $\frac{20!}{3!(20-3)!} = 1140$ ce qui pourrait même être pratiqué de manière exhaustive sans passer par une quelconque heuristique de résolution).

4- Les manipulations utilisées en traitement du signal portent directement sur des images ou même des cartes (les fichiers matriciels de ces images étant opaques pour l'utilisateur) ce qui facilite considérablement les opérations de calcul et les rend beaucoup plus simples pour l'utilisateur. Dans les méthodes de construction et de résolution classiques des modèles p -médian, les manipulations portent au contraire sur des fichiers très volumineux (fichiers des nœuds/clients et des distances inter-nœuds). Les résultats sont, de plus, dans notre cas, visualisables à chaque étape: l'algorithme devient alors plus attrayant et surtout plus démonstratif vis-à-vis du responsable en charge des décisions de localisation. La validité et la cohérence des opérations de délimitation des zones de chalandise et de localisation peuvent aussi être vérifiées plus facilement grâce à un examen visuel direct sur les cartes.

5- Notre algorithme à base de traitement du signal simplifie considérablement la recherche de localisation en abordant le problème de manière globale puis locale. La démarche entière constitue ainsi un argumentaire direct pour le choix de telles ou telles localisations: pourquoi a-t-on choisi telle région ou aire de marché ? Et dans cette ville, pourquoi a-t-on choisi tel quartier ou tel site ? La réponse à ces questions est à chaque fois donnée par les étapes correspondantes de l'algorithme et par les cartes qui les accompagnent. Ces réponses correspondent à chaque étape du processus de décision d'implantation⁶⁵⁸. Les différents algorithmes développés par le passé pour résoudre le modèle p-médian peuvent d'autre part être tous intégrés à notre algorithme après la phase de filtrage.

6- La recherche d'une localisation par cet algorithme progressif peut s'arrêter dès que le degré de précision souhaité est atteint ou lorsque le niveau d'information le plus bas (le plus local) a été exploité. Les algorithmes de résolution du p-médian ne connaissent pas en général de temps limite de recherche et devaient être stoppés lorsque la patience de l'utilisateur était épuisée après quelques heures ou jours de recherche pour trouver un extremum local un peu meilleur.

7- Cette méthode à base de traitement du signal intègre à la fois l'étape de modélisation du réseau et sa résolution. Elle constitue donc une passerelle intéressante entre les logiciels de géocodage et les algorithmes de résolution des problèmes de localisation jusqu'à présent séparés par la phase de modélisation plus ou moins bien réalisée. Ces algorithmes nécessitent en effet, d'une façon générale de recevoir comme données d'entrée les coordonnées de chaque nœud correspondant à chaque adresse de client ou bien à la position géographique de zones (souvent administratives et pas forcément logiques) regroupant un certain nombre de clients ainsi qu'une évaluation de la demande dans ces zones pas forcément facile à calculer. Dans notre cas, les aires, caractérisées par une densité forte et homogène de clients, sont identifiées

⁶⁵⁸ CLIQUET G., FADY A. BASSET G. (2002) *Management de la Distribution*, Dunod, Paris.

par leurs centres de gravité (les nœuds du réseau p-médian) et par leurs surfaces (les niveaux de demande), toutes ces données servant à "nourrir" un algorithme de résolution du modèle p-médian. Ce n'est donc pas l'utilisateur qui choisit ses zones et manuellement détermine leurs niveaux de demande pour enfin introduire laborieusement toutes ces informations dans un logiciel de résolution d'un modèle de localisation-allocation, mais le processus qui, automatiquement, grâce au traitement du signal, construit des aires rassemblant des densités identiques de clients, puis calcule leurs caractéristiques pour élaborer dans la foulée un modèle p-médian.

8- Comme nous l'avons vu dans l'exemple des magasins de produits biologiques, le degré de précision de notre algorithme est bon à la fois sur le plan de la modélisation du réseau (obtention des nœuds et caractéristiques du réseau) et concernant la résolution du modèle en comparaison des méthodes existantes. En ce qui concerne ces dernières, soit celles-ci regroupent les clients en des zones administratives (les arrondissements dans l'exemple) et les résultats obtenus sont susceptibles de devenir aberrants, soit l'on considère que chaque client est un nœud et alors il devient particulièrement difficile de résoudre le modèle p-médian correspondant compte-tenu de sa complexité (nombre de nœuds très élevé). La partition de la clientèle par des méthodes mathématiques comme la méthode des plus proche voisins, en prenant ultérieurement le centre de gravité des éléments de la partition comme nœud, risque de même de conduire à des erreurs dans l'élaboration du réseau p-médian (voir §2.3.3). Ces méthodes imposent en outre de connaître à l'avance le nombre de zones à partitionner et l'on fait en pratique appel à l'intuition pour fixer ce nombre.

Il est également intéressant de progresser dans l'échelle de précision des localisations recherchées au fur et à mesure que notre algorithme tourne en boucle. En effet, on cherche à localiser les points de vente de manière globale. Par exemple au niveau national, on recherchera les régions ou départements les plus intéressants (les quartiers les plus indiqués au

niveau d'une ville). Notre méthode concentre alors son analyse au sein de ces régions pour y détecter les villes potentiellement les plus prometteuses (les rues dans l'approche urbaine). Ainsi, le processus reproduit finalement la démarche que tout manager aurait mis en œuvre pour rechercher empiriquement un ou plusieurs emplacements optimaux. Dans la pratique, ce dernier n'aurait jamais cherché en effet, à localiser ses points de vente directement au niveau d'une rue alors qu'il souhaitait les placer au niveau de la France entière. A chaque étape, la recherche est progressive et bien adaptée au degré de précision géographique escomptée dans la localisation des activités. Cette progressivité est importante également pour savoir convaincre. Un manager qui, lorsqu'on lui demande de localiser ses magasins au niveau de la France entière en utilisant les méthodes existantes (méthodes de résolution directe du p-médian où chaque client est un nœud) n'est capable que de citer les rues où les implanter, ne peut pas être convaincant. Il lui faudra dans un premier temps justifier le choix de telle région, puis de telle commune et enfin de quartiers ou de rues particulières. Notre méthode suit entièrement cette logique de recherche et saura plus facilement réussir à persuader une hiérarchie du choix judicieux des emplacements par la visualisation de cartes d'échelles de plus en plus fines.

9- L'algorithme à base de traitement du signal comprend un processus de filtrage qui permet de lisser les imperfections de la base de données d'adresses (fausses adresses ou adresses manquantes). Le p-médian peut aussi pour la même raison être résolu, si la base n'est pas complète mais comprend un échantillon d'adresses.

10- Cet algorithme est capable de rechercher des localisations optimales pour être au plus près d'agrégats de clients et/ou d'optimiser les emplacements pour occuper les lacunes dans lesquels la concurrence est faible avec néanmoins des potentialités commerciales pour l'activité considérée.

11- La simplicité du mode de résolution de notre algorithme, effectuée par étapes en degrés de précision croissants, permet d'envisager l'utilisation de très grandes bases de données comportant jusqu'à plusieurs millions d'adresses.

12- Enfin, notre algorithme peut être appliqué à de nombreux autres modèles de localisation-allocation (MCI, Multiloc, modèle p-centré, problèmes de partition ou de cluster) pour résoudre des problématiques variées. Il suffit alors d'utiliser à la suite des étapes de géocodage et de filtrage, les algorithmes classiques correspondant aux modèles souhaités.

Le tableau 6.9 compare et résume les différentes approches en recherche de localisations optimales prenant pour fondement le modèle p-médian dans notre cas d'étude.

Méthode	Traitement du Signal et P-médian	P-médian direct avec résolution par examen exhaustif des solutions	P-médian avec résolution par heuristique	P-médian simplifié (1 noeud par secteur géographique)
Taille du réseau à résoudre	25 noeuds dans réseau principal puis sous-réseaux	10211 noeuds (un par client)	10211 noeuds (un par client)	7 noeuds (un par arrondissement ou commune)
Temps de résolution	4 minutes	impossible avec les moyens actuels	plusieurs heures	Quelques minutes
Nombre de combinaisons possibles à examiner en théorie (pour 5 localisations à rechercher)	53130	83×10^{16}	100×10^6 (algorithme de voisinage)	21
Exactitude de la recherche	certaines sites détectés correspondent à l'emplacement effectif de magasins (voir § 6.2)	résolution exacte ardue	exactitude inconnue	1 localisation incohérente sur 4 localisations obtenues (voir § 6.1)
Précision des localisations	au numéro de rue	à l'adresse client	à l'adresse client	à l'arrondissement ou à la commune

Tableau 6.9 - Caractéristiques des méthodes de résolution du modèle p-médian dans notre cas de figure

On remarque bien que l'approche p-médian alliée au traitement du signal combine les avantages de rapidité et de précision. Cette précision est maîtrisée, comme on l'a vu, puisque l'analyste peut choisir de n'étudier que le réseau simplifié de 25 noeuds ou bien améliorer la finesse des résultats de localisation en poussant la recherche au sein des aires en en définissant des sous-réseaux p-médian.

6.4 Limites et perspectives

Le modèle p-médian associé à une phase de géocodage et à un traitement du signal même s'il constitue un moyen véritablement performant pour localiser de manière rapide et précise un échantillon de magasins, ne constitue pas cependant une panacée universelle. Ainsi, les emplacements détectés doivent comme on l'a souligné, être examinés sur le terrain par l'œil critique du décideur. L'expertise issue de l'expérience n'est donc pas exclue de la démarche, au contraire^{659 660 661}.

La localisation préconisée dans l'aire 18, route de la Reine à Boulogne-Billancourt correspond par exemple à une voie très commerçante et passagère avec concessionnaires automobiles (Ford et Honda), grandes surfaces d'ameublement, magasins spécialisés (moquettes, tapisseries) correspondant au style de commerces présents au voisinage d'un hypermarché. Cette aire pourra donc sans doute convenir à un supermarché de produits biologiques. En revanche, l'emplacement situé rue des Acacias (figure 6.5) dans le 17^{ème} est de nature totalement différente, car située à proximité de la place de l'Etoile, dans une rue à l'atmosphère plus feutrée.

Fig. 6.7 - L'emplacement préconisé dans le XVIIème, rue des Acacias



⁶⁵⁹ LAPARRA L. (1995) L'implantation d'hypermarché : comparaison de deux méthodes d'évaluation du potentiel, *Recherche et Applications en Marketing*, Vol. 10, Numéro 1, p. 69-79

⁶⁶⁰ CLARKE I. (2002) L'information géographique dans les études de localisation commerciale : une perspective managériale, in *Le géomarketing : Méthodes et Stratégies du Marketing Spatial*, G. Cliquet éd., Hermès, Paris.

⁶⁶¹ CLARKE I., HORITA M. et MACKANESS W. (2002) Intuition et Evaluation des Sites Commerciaux : *Appréhender la Connaissance des Commerçants, Stratégies de localisation des Entreprises Commerciales et Industrielles : De Nouvelles Perspectives*, p.107, Gérard Cliquet et Jean-Michel Josselin éditeurs, De Boeck Université, à paraître.

La politique marketing du réseau sera ainsi déterminante dans le choix de la localisation selon qu'elle voudra mettre en avant une clientèle par exemple "haut de gamme" avec des tarifs en conséquence ou une clientèle plus large.

Le p-médian ignorant les contraintes liées à l'environnement pourra, dans certains cas, indiquer des emplacements inacceptables situés par exemple au milieu d'un champ de course ou d'un jardin d'enfants. Il convient donc de ne pas prendre les localisations suggérées au pied de la lettre, mais de les appréhender en terme d'aire ou de sous-aire et d'éventuellement d'aller repérer sur le terrain des emplacements faisables au sein des aires. Le p-médian est en effet capable d'intégrer des nœuds supplémentaires correspondant à ces emplacements qui, de préférence, se trouveront à proximité des centres de gravité des aires homogènes définis dans notre algorithme (ce n'est donc plus les centres de gravité des aires qui seront représentés exactement par les nœuds du réseau p-médian, mais ces emplacements faisables voisins de ces centres et repérés sur le terrain). Il est également possible, pour favoriser tantôt les quartiers plus huppés, tantôt les quartiers à pouvoir d'achat moyen ou même les zones purement commerciales sans habitant, d'augmenter artificiellement leur potentiel, c'est-à-dire le poids des nœuds correspondants, d'un certain pourcentage prédéterminé afin d'intégrer cette préférence. Il convient, d'une manière générale, de ne pas oublier les autres critères d'une bonne localisation qui sont aussi la visibilité et l'accessibilité de l'emplacement ou encore la recherche du voisinage d'autres enseignes (complémentaires ou concurrentes selon la nature des produits) pour augmenter l'attraction du site⁶⁶². D'un autre côté, même si notre méthode peut être utilisée de manière concrète pour des cas pratiques d'études de localisation ou de zones de chalandise, le fait d'avoir utilisé trois logiciels différents (MapPoint, SCI et Sitation) a amené quelques problèmes liés à la différence de formats entre les fichiers utilisés par ces

⁶⁶² MOATI P. et POUQUET L. (1998) Stratégies de Localisation de la Grande Distribution et Impact sur la Mobilité des Consommateurs, *Collection des Rapports n°194*, Crédoc, p.69.

logiciels (fichiers image de type MapPoint et bitmap) ce qui a légèrement ralenti le temps global mis pour faire l'étude. La mise au point d'un logiciel intégrant toutes les fonctions de filtrage, de délimitation, d'analyse des zones de chalandise et de calcul des localisations optimales par un sous-algorithme de résolution d'un modèle de localisation-allocation rendrait plus pratique l'utilisation de notre méthode.

D'autre part, dans notre exemple d'une boutique de produits biologiques, nous sommes partis d'une base de données de clients supposés avoir la même probabilité de fréquenter les points de vente. Sans doute, la réalité était différente et ces clients étant plus ou moins attirés par les produits biologiques, se rendront-ils plus ou moins souvent dans ce type de magasin. Ceci dit, le manager doit souvent composer avec une information incomplète pour déterminer les meilleures localisations possibles pour ces magasins et produire des prévisions de vente. Notre démarche méthodologique peut tenir compte de différences entre les clients en termes de fréquentations ou de chiffre d'affaires escomptés, si on a la chance de posséder ces informations (quel montant chaque client prévoit-il de dépenser dans un magasin "bio" installé à proximité de chez lui ?). Il suffit pour cela de représenter les clients dans la phase de géocodage par des points en niveaux de gris. Le traitement du signal sera alors capable de délimiter les zones de chalandise en intégrant ces différences de caractéristiques au sein de la clientèle (voir notre exemple virtuel concernant les clients d'un commerce dans la première partie). Il est également concevable en théorie d'intégrer de la même manière des facteurs de perception du consommateur (cf. Modèle MCI⁶⁶³) quant à une enseigne particulière ou quant à certains types de produits et de comparer les différences en termes de localisation préconisée par le modèle p-médian et aussi en termes de prévisions de ventes.

Une autre perspective future de recherche est celle concernant les variations des zones de chalandise au cours du temps. Comme on l'a vu dans le chapitre 1, les formes des zones de

⁶⁶³ CLIQUET G. (1995) Implementing a Subjective MCI Model: An Application to the Furniture Market, *European Journal of Operational Research* 84, 279-291.

chalandise sont sujettes à des évolutions saisonnières. Il serait intéressant d'évaluer grâce au traitement du signal les caractéristiques de ces zones à différentes époques de l'année, du mois ou selon les différents jours de la semaine, puis de construire et de résoudre le modèle p-médian correspondant à chacune de ces zones. Sans doute, les localisations optimales des magasins préconisées seront-elles aussi variables dans le temps. La question sera alors de savoir s'il s'agit de se décider pour une localisation moyenne de tous les emplacements suggérés ou bien de retenir la configuration engendrant pendant certaines périodes cruciales de l'année, d'excellentes performances commerciales. Cette étude, si elle portait sur une période suffisante, permettrait également de cerner les évolutions et migrations géographiques éventuelles des aires de chalandise et de prévoir quelles seront les localisations intéressantes dans 2, 5, 10 ou 20 ans. Le suivi des contours de la zone de chalandise au cours du temps donnerait sans doute en effet la possibilité d'extrapoler sa forme à moyen ou long terme. Il suffirait de prendre conscience de phénomènes de rétraction, de renflement ou de déplacement de la zone pour prévoir, à moins d'un renversement des tendances, son devenir et donc de déterminer les localisations optimales futures grâce à notre méthode. Cette recherche nécessiterait sans doute de poser des hypothèses quant aux vitesses de transformation de la zone de chalandise et d'étudier éventuellement plusieurs scénarios en comparant leurs similitudes et divergences: la morphologie de cette zone va-t-elle se poursuivre au même rythme, avec la même célérité et éventuellement accélération, ou bien l'évolution subira-t-elle un tassement ? Les réponses à ces questions conditionneront les résultats de l'analyse de localisation et leur qualité.

Enfin, nous l'avons déjà souligné, le traitement du signal est susceptible d'apporter ses avantages de rapidité et de précision aux autres modèles de localisation-allocation que le p-médian comme le modèle p-centré ou le modèle de couverture maximale. Le p-centré est utilisé pour placer des services d'urgence, des hôpitaux ou des casernes de pompiers par

rapport à une population donnée et le modèle de couverture maximale sert à localiser bureaux de poste, trésorerie, mairie et plus généralement administrations, services de proximité, aéroports, station de métro ou de bus,... Une autre perspective future de recherche est d'utiliser le traitement du signal en association avec ces modèles pour effectuer un bilan national ou par pays de l'adéquation de ces services d'urgence ou de proximité par rapport à la population sur le plan de leur localisation. Cette étude constituerait, sans aucun doute, un outil majeur pour orienter les décisions des décideurs politiques dans le domaine de l'aménagement du territoire.

Conclusion

Ce chapitre a été l'occasion de montrer l'extrême rapidité de l'algorithme conciliant modèle p-médian et traitement du signal. Cette méthode débouche en quelques minutes sur des résultats probants de localisations optimales avec une précision au niveau du numéro de rue, alors même que la méthode classique du p-médian, utilisant un découpage administratif des zones, ne débouche que sur des résultats aberrants. Vouloir considérer chaque adresse de client comme un nœud indépendant conduit, d'un autre côté, à un degré trop important de complexité du problème dès que l'on cherche à localiser plus de deux points de vente. L'analyse qualitative des résultats obtenus reste cependant indispensable pour s'assurer de la faisabilité des emplacements sur le plan de l'espace foncier disponible, de l'adéquation de l'environnement avec l'activité prévue et pour s'assurer de l'absence de concurrents notables dans les parages, à moins de vouloir rechercher au contraire leur proximité pour jouer sur une synergie qui augmenterait l'attractivité globale de l'ensemble commercial ou dans un but de concurrence frontale. La zone de chalandise des points de vente est calculée lors du fonctionnement de notre algorithme ce qui constitue un avantage indéniable pour le manager qui souhaite par la suite effectuer des prévisions de chiffre d'affaires. Ces prévisions peuvent en l'occurrence être extrapolées à partir du calcul de la surface des aires constitutives de la zone de chalandise fournie par notre méthode.

Un autre avantage indéniable est que le traitement s'effectue directement sur des cartes, les résultats de localisation obtenus étant alors beaucoup plus parlant et démonstratif pour le professionnel. Celui-ci peut, en effet, s'assurer visuellement que grosso modo, les sites préconisés se trouvent bien au plus proche des concentrations de clients potentiels. Un tel résultat aurait été néanmoins difficile, voire impossible, à obtenir avec précision par simple observation ou géométriquement compte tenu des paramètres en jeu (nombre de clients potentiels, nombre de magasins à localiser). Enfin, même si ces clients ne constituent qu'une

fraction de l'ensemble des clients présents en réalité sur le terrain, le résultat n'est pas faussé puisque notre méthode aborde le problème de localisation en termes de probabilités de présence de clients potentiels. Le processus de filtrage a en effet tendance à lisser les répartitions de clients dans l'espace et la délimitation ultérieure de la zone de chalandise cerne les aires d'équidensité de clients. La recherche de localisations s'effectue donc dans l'espace des fréquences (la fréquence des clients au niveau de la surface géographique) et non simplement en fonctions des clients de la base de données. D'où, le fait qu'une base incomplète ne gêne pas cette recherche qui l'aborde sous l'aspect d'un échantillon, mais encore faut-il que cet échantillon soit représentatif et non biaisé par des erreurs manifestes d'enquête. Ainsi, la combinaison du modèle p-médian et du traitement du signal est tout indiquée pour la recherche de localisations optimales d'un futur réseau de points de vente ou même pour s'assurer de la bonne localisation de magasins existants. Cet outil est très intéressant pour la gestion marketing quotidienne du réseau. Il permet de s'assurer, jour après jour, de la bonne localisation des points de vente en fonction des frontières de la zone de chalandise qui, on le rappelle, évoluent dans le temps. Une nouvelle simulation de l'algorithme sera effectuée, non plus en prenant la base de données de clients potentiels, mais cette fois en utilisant une base de données de clients effectifs des magasins. Un calcul de la position optimale des points de vente tenant compte de cette saisonnalité pourrait être facilement effectué en moyennant sur une période les coordonnées géographiques des localisations préconisées par l'algorithme. Encore faut-il accéder aux données décrivant la clientèle sur un laps de temps suffisamment long, information assez facile à obtenir si le réseau a su développer un système de cartes de fidélité. Restent aussi les actions commerciales telles que le publipostage qui peut être beaucoup plus facilement planifié grâce à notre méthode. Si l'on veut renforcer une clientèle existante, on privilégiera ainsi une distribution de prospectus (ou tout autre mode de promotion commerciale) dans les aires homogènes entourant les points de vente considérés.

Au contraire, si l'on veut conquérir des parts de marché, la distribution s'effectuera plutôt dans les régions hors de ces aires.

Conclusion générale

Les profondes mutations des structures commerciales en cette période de transition entre l'ancien et le nouveau millénaire poussent les décideurs des grandes entreprises à revoir, de nos jours, l'organisation des réseaux tant sur le plan horizontal (fusions entre réseaux) que vertical (apparition de nouveaux modes de distribution comme Internet). Sur le plan horizontal tout d'abord, il s'agit d'apprécier l'intérêt de tel point de vente qui se trouve par hasard proche de tel autre anciennement concurrent mais désormais partenaire. De fait, nous ne sommes plus à l'heure actuelle dans une phase de développement des surfaces commerciales mis à part dans des filons comme les produits biologiques, mais plutôt dans une logique d'optimisation des réseaux de vente existants. D'un autre côté, sur le plan vertical, on cherche à améliorer les logistiques d'approvisionnement des réseaux de points de vente en marchandises en provenance des quatre coins du monde, tout en développant de nouveaux centres de distribution destinés à satisfaire les nouveaux Internauts-consommateurs. Le secteur public n'échappe pas à la règle et souhaite, sous la pression de contraintes budgétaires, réorganiser son système hospitalier, ses administrations territoriales et nationales, son éducation et même son organisation de défense et de sécurité (fermeture de casernes, ouverture de commissariat de quartier).

L'algorithme général décrit dans cet exposé, associant les principes du traitement du signal aux modèles de localisation-allocation (p-médian, p-centré, couverture maximale,...), a son mot à dire dans toutes ces problématiques de localisation. Comme nous l'avons vu, il se compose globalement de quatre phases. La **phase 1** de géocodage consiste à exploiter une base de données d'adresses de clients potentiels ou réels et à représenter ces localisations sur une carte. La représentation cartographique obtenue montre grossièrement les zones géographiques où se concentrent les clients par la forte densité des points s'y accumulant. La **phase 2** correspond à la délimitation de ces zones denses de clients et donc à la zone de chalandise (nous avons nommé dans notre exposé ces zones denses de clientèle, aires de

chalandise). La distinction des aires de chalandise est grandement facilitée en traitant au préalable la carte avec un filtre qui a tendance à lisser les contours et/ou à tisser des liaisons entre les zones géographiques les plus proches. Les aires de chalandise apparaissent alors, avec des contours nets et peuvent ensuite être délimitées par l'opérateur de convolution (§ 3.2.4). Lorsque les points clients sont très éloignés les uns des autres, un filtre morphologique de type dilatation ou de fermeture est alors tout indiqué pour remplir les interstices et faire naître les formes pleines des aires homogènes de chalandise. Lorsque l'éparpillement des points clients se fait de manière continue et qu'un simple lissage est nécessaire, il est alors souhaitable d'utiliser un filtre Nagao qui conserve les contours ou bien un filtre médian (§ 3.2.3). On calculera dans la **phase 3** les coordonnées des centres de gravité de chaque aire délimitée dans la phase précédente de manière à modéliser un réseau p-médian (§ 3.3) : les nœuds du réseau seront représentés par les centres de gravité et les segments par les distances routières ou par un indicateur d'éloignement (temporel, kilométrique, généralisé...). Des localisations potentielles supplémentaires pourront, d'autre part, être introduites comme nœud, même si elles ne comptent pas de clients. Il est possible de bâtir un réseau pondéré et l'on affectera, dans ce cas, à chaque nœud, un poids représentatif de l'importance de la clientèle ou de son potentiel. Nous avons utilisé la surface de l'aire homogène associée représentative de l'importance de la clientèle locale comme pondération de chaque nœud dans notre analyse de localisation des commerces "bio" de l'Ouest parisien (§ 4.2.3.1). Dans la **phase 4**, le réseau sera résolu sur la base du modèle p-médian grâce aux algorithmes classiques de résolution et d'amélioration (algorithmes de voisinage, génétique, flou, multiplicateurs de Lagrange - § 2.2.1.2) de manière à trouver les localisations optimales pour les emplacements commerciaux. On aboutira donc au choix de certains nœuds comme localisations optimales. Pour améliorer la précision, on pourra, dans une étape supplémentaire de rétroaction, réitérer le processus d'identification d'aires homogènes en se concentrant cette

fois au niveau de chaque nœud et en augmentant l'échelle d'analyse. Pour améliorer la finesse des localisations optimales, l'examen d'aires de plus en plus petites est susceptible de se faire autant de fois que souhaité sous réserve de l'existence d'un nombre suffisant de clients ou d'emplacements potentiels à cette échelle. Nous avons été ainsi conduit à introduire une nouvelle définition de la zone de chalandise fondée sur la notion de densité à la marge des nombreuses approches existantes (§1.2), à savoir que *la zone de chalandise est l'aire géographique d'influence où la densité de clientèle dépasse un certain seuil*. L'intérêt du traitement préalable à la délimitation de la zone de chalandise, à savoir le processus de dilatation dans l'analyse des magasins du secteur biologique, permet justement de cerner les aires d'équidensité en terme de clientèle. La distribution de la clientèle n'est pas aléatoire, en général, ce qui se démontre par un calcul d'autocorrélation, mais se fait selon des regroupements ou clusters rassemblant une densité homogène de clients. Nous avons mis en évidence deux seuils caractérisant les zones d'équidensité des clients potentiels des produits "bio" correspondant aux zones de chalandise primaire et secondaire (§ 4.2.3). Il serait possible sans doute de distinguer d'autres seuils supplémentaires de densité dans d'autres cas d'études. Cette approche, qui considère les points du plan comme un signal discret à deux dimensions, s'apparente entièrement aux méthodes scientifiques de reconnaissance des objets et des formes. L'analyse des images satellites utilise, depuis deux décennies sur le modèle de notre étude, les filtres d'images réelles pour y détecter les différents types de territoire, les forêts, les déserts, les montagnes, les zones inondées⁶⁶⁴. L'originalité de notre démarche a été de montrer que ces mêmes techniques peuvent être utilisées sur des données virtuelles à savoir les bases de données géomarketing transposées sur une carte. Etant donné que le traitement des données se fait indifféremment dans tout le plan, l'analyse ne connaît pas de frontière méthodologique contrairement aux logiciels actuels de géomarketing (d'ailleurs plutôt des

⁶⁶⁴ MARCHIONNI D., CAVAYAS F., ROLLERI E. (1999) Potentiel de Détection des Traits Structuraux d'un Territoire Semi-Désertique sur des Images RADARSAT : Le Cas du Macizo del Deseado, Argentina, *Rapport du Committee on Earth Observation Satellite*.

logiciels de cartographie améliorée) qui, du fait de leur mode de fonctionnement en dessin vectoriel et non sous forme d'images composées de pixels, imposent des frontières artificielles (les représentations vectorielles possèdent à l'arrière plan une base de données de tous les objets, rues, ronds-points, jardins publics,... sous forme de coordonnées ce qui ne permet pas de mettre en évidence des zones de chalandise coupant ces objets).

Sur le plan de la gestion, notre méthode conciliant traitement du signal et modèle p-médian recèle un grand nombre d'avantages. Tout d'abord, nous l'avons souligné à de multiples reprises, l'étude de localisation s'accompagne de l'analyse de la zone de chalandise et de sa délimitation. Ainsi, on pourra se rendre compte de l'importance du potentiel commercial entourant le point de vente que l'on associe, dans notre méthode, à l'aire de chalandise dont la surface connue révèle le niveau de ce potentiel. Cependant, l'évaluation de la future fréquentation du magasin nécessitera toujours une bonne connaissance du secteur et du profil des clients, en particulier concernant la distance maximale que ceux-ci sont prêts à parcourir pour s'y rendre. La zone de chalandise, délimitée dans notre étude, était une zone de chalandise de clients potentiels puisque nous sommes partis d'une base de données de personnes susceptibles d'acheter des produits biologiques. La même méthode de délimitation pourra servir, après ouverture du ou des points de vente et constitution d'une base de données de clients réels cette fois, à définir sur une carte la zone de chalandise réelle du magasin. Cette zone de chalandise réelle sera très certainement composée de fragments centrés autour du magasin de la zone de chalandise potentielle préalablement déterminée. La comparaison des deux types de zone de chalandise sera une indication précieuse pour le manager sur la distance maximale que les clients sont prêts à parcourir en mesurant la distance kilométrique ou temporelle moyenne séparant le point de vente et la frontière de la zone de chalandise réelle. La gestion d'un réseau de points de vente sera riche d'enseignement, puisqu'elle apportera une certaine expérience en particulier sur les habitudes de déplacement de la

clientèle, expérience pouvant être transposée lors de la recherche de nouvelles localisations. La bonne connaissance des clients d'une enseigne permettra également de se constituer dans les régions où l'on cherche à créer de nouvelles surfaces commerciales, des bases de données de clients potentiels correspondant à la segmentation marketing mise en évidence.

La mise en œuvre de notre méthode anticipe, d'autre part, la phase de gestion quotidienne du point de vente : la détermination très fine (au niveau de la rue) des frontières de la zone de chalandise facilitera considérablement la tâche du directeur commercial dans le ciblage géographique des campagnes de promotion, que ces dernières prennent la forme de prospectus distribués dans les boîtes aux lettres, d'envois d'e-mail, ou encore de panneaux publicitaires à placer aux endroits stratégiques,... Un avantage de la méthode combinant traitement du signal et modèle p-médian est en effet sa grande précision à délimiter la zone de chalandise et dans une étape ultérieure à spécifier les localisations optimales en pratiquant un zoom au niveau des aires de chalandise les plus intéressantes. Comme nous l'avons vu, les mêmes filtres et traitements sont alors utilisés à un niveau local pour accroître la finesse de l'analyse. Nos entretiens avec des professionnels de la distribution de prospectus publicitaires comme les dirigeants du groupe français leader Spir Communication qui offre des prestations de services pour la grande distribution, nous ont confirmé l'importance d'une délimitation précise de la zone de chalandise. Alors que les logiciels du marché n'offre qu'une précision au niveau du quartier ou des îlots (INSEE), notre méthode reconnue par ces dirigeants cerne la zone de chalandise pratiquement au niveau du numéro de rue. Les imprimés publicitaires sont en effet distribués dans certaines aires préalablement définies correspondant à la zone de chalandise du magasin dont on souhaite faire la promotion. Le fait de cibler ces aires avec précision permet d'engendrer des économies notables, puisque l'on évite ainsi de remplir les boîtes aux lettres de personnes hors zone et donc non concernées par l'offre promotionnelle (économies de prospectus et de frais de distribution). Ce géomarketing très fin permet, d'autre part, de cibler

des aires de chalandise d'étendue limitée (immeubles isolés, petit groupe de maisons recelant de nombreux clients potentiels). Les efforts commerciaux se centreront au sein de la zone de chalandise si l'on souhaite la renforcer en terme de densité de clients ou au contraire, en dehors de cette zone, si on souhaite l'étendre (en s'apercevant par exemple que la zone de chalandise réelle est moins large que pour d'autres points de vente similaires du réseau).

D'autre part, notre méthode met en évidence les localisations optimales en une suite d'étapes logiques, ce qui n'est pas sans intérêt pour les réseaux de points de vente et dans le cadre général de la réticulation des activités commerciales⁶⁶⁵. En particulier, en ce qui concerne la réorganisation de réseaux, un processus intégré de géocodage des clients, une délimitation des aires de chalandise et la résolution d'un modèle de localisation-allocation simplifié permettent de se rendre très rapidement compte du double emploi ou non de certains points de vente. Ainsi, la méthode est aussi bien adaptée à des stratégies d'évitement visant à rechercher des opportunités d'implantation dans les aires lacunaires délaissées par la concurrence (§ 3.4.1) qu'à une stratégie de recherche de concurrents ou même de prédation dans laquelle on ira s'implanter directement au voisinage des compétiteurs, quitte à se lancer dans une guerre des prix effrénés (§ 3.4.2). La méthode s'attaquera, dans le premier cas, plutôt à la délimitation du complémentaire des aires où sont implantés les concurrents (image inversée de la cartographie des concurrents) et, dans l'autre cas, à la délimitation directe de leurs aires d'implantation. Cette approche, en terme de concurrence, est tout à fait conciliable avec l'approche client. Une stratégie d'évitement cherchera donc les implantations les plus éloignées des concurrents tout en la croisant avec les implantations des clients, deux modèles différents de réseau p-médian pouvant alors être bâtis, l'un de concurrence, l'autre de clientèle.

Notre méthode est également rapide. Nous avons montré, dans notre cas d'étude de magasins de produits "bio", qu'un ensemble de 10211 clients pouvait finalement se simplifier à un

⁶⁶⁵ CLIQUET G. (2000) Plural Form in Store Networks : A Model for Store Network Evolution, *The International Review of Retail, Distribution and Consumer Research*, vol. 10, n°4, pp 369-387.

réseau de 25 nœuds, tout en ayant dans le même temps réussi à délimiter la zone de chalandise et à la caractériser. La recherche de localisations optimales en considérant les 10211 clients comme autant de nœuds d'un réseau p-médian aurait pris sinon plusieurs jours du moins plusieurs heures même avec les heuristiques de résolution actuelle alors qu'avec notre méthode, il est possible de parvenir à un résultat en quelques minutes.

Par voie de conséquence, cette méthode offre aussi la possibilité de mesurer le potentiel des ventes de telle ou telle région au niveau local, régional ou national selon le secteur d'analyse (§ 6.2.5). L'apparition d'un nouveau concurrent dans la zone de chalandise donnera alors l'occasion de faire fonctionner l'algorithme pour évaluer l'impact de son arrivée sur le chiffre d'affaires du magasin : ce nouvel arrivant occupe-t-il une meilleure localisation ? Quelle est la part du chiffre d'affaires qu'il ponctionnera compte-tenu des clients habitant dans son environnement immédiat ? Est-il intéressant sur le plan des bénéfices de changer d'emplacement par rapport au coût que ce déménagement risque d'impliquer ? N'est-il pas plus rentable de chercher à s'allier avec ce concurrent ? Voilà à quel genre de questions, touchant la gestion stratégique du point de vente, la mise en œuvre de notre algorithme peut répondre avec grande précision et rapidité moyennant quelques petites règles de trois supplémentaires et parfois une analyse qualitative. Sur le plan de la logistique interne au réseau de vente (éventuellement à la suite de son remodelage avec celui d'un concurrent par une opération de fusion ou d'acquisition), la localisation adéquate des centrales de distribution ou des plates-formes de transport ou d'acheminement vers les points de vente de détail pourra être revue de la même manière en faisant donc appel au traitement du signal et à un autre

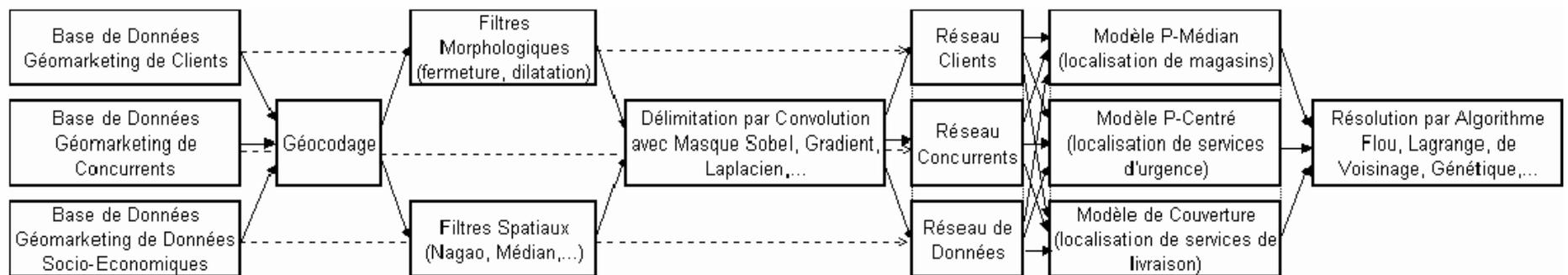


Fig. Conclusion.1- Les possibilités d'applications de la méthode selon les données à traiter

modèle de localisation-allocation plus adapté à cette problématique comme le p-centré (la même méthodologie servira de la même façon à localiser les grossistes indépendants par rapport aux magasins de détail) : les points de vente joueront alors, dans cette optique, le rôle des clients avec un certain niveau de demande, clients approvisionnés par les centrales de distribution

Ainsi, notre problématique de recherche apparaît avoir trouvé une solution attractive à travers ce nouvel outil qui possède une précision et une rapidité indéniable. Les autres éléments que nous avons cherché à améliorer étaient (voir introduction) la démonstrativité et la capacité à utiliser de grandes bases de données (les *datawarehouses*) que les firmes n'exploitent actuellement pas pleinement. Cette dernière contrainte est un autre des points forts de notre méthode qui, justement nécessite l'introduction de ces bases de géodonnées volumineuses. Comme on l'a dit au départ, le traitement du signal serait sans intérêt pour traiter des fichiers ne comptant que quelques dizaines de clients puisque l'on pourrait les introduire directement dans un modèle p-médian (sans être capable d'ailleurs de cerner alors la zone de chalandise correspondante). Les données géomarketing se doivent justement d'être suffisamment nombreuses de manière à constituer un signal à deux dimensions (dans le plan géographique) qui pourra être analysé par des filtres. Enfin, la méthode à base de traitement du signal est démonstrative, puisqu'elle permet de suivre, sur une succession de cartes détaillées, le cheminement intellectuel modélisé au sein d'un algorithme qui va indiquer la zone de chalandise, puis les localisations optimales. Le manager non aguerri à ces techniques "hermétiques" confirmera d'un simple coup d'œil les résultats obtenus, puisque, dans la plupart des cas, les zones optimales d'implantation correspondent assez bien aux lieux les plus denses en clientèle.

Cependant, la méthode comporte un certain nombre de limites. Outre le fait qu'il est assez difficile de se procurer les bases de données de clients potentiels lorsque l'on cherche à créer des points de vente, l'utilisation de filtres nécessite un minimum de données. L'analyse d'une représentation spatiale de quelques dizaines de clients ou de concurrents ne requiert pas les outils de traitement du signal étant donné que dans ce cas, on peut facilement construire un réseau p-médian en considérant autant de nœuds qu'il y a de clients ou de concurrents et le résoudre sans trop de difficultés par les méthodes traditionnelles. Également, la détection de localisations optimales reste un exercice théorique. Encore faut-il s'assurer par une visite sur le terrain que les emplacements mis en évidence correspondent effectivement à des sites viables et disponibles à l'achat ou à la location. Une autre limite relative aux localisations commerciales trouvées vient du fait que l'on ne considère dans la démarche que les adresses des clients, tout au moins dans le cas pratique étudié des magasins de produits biologiques. Sans doute, faudrait-il prendre en compte aussi tous leurs déplacements et les endroits où ces clients potentiels peuvent résider temporairement (lieux de travail par exemple) qui constituent autant de lieux d'achats possibles. Il paraît néanmoins difficile de constituer une volumineuse base de données répertoriant tous les trajets d'un ensemble d'acheteurs probables de certains produits ou services.

Sur le plan des perspectives de recherche, le traitement du signal pourrait s'adapter à la localisation de bien d'autres activités que celles des points de vente et de service à travers le modèle p-médian. La figure précédente (fig. Conclusion.1) montre les possibilités variées d'applications théoriques de notre méthode selon les données à traiter. Celles-ci peuvent être, comme on l'a vu, des bases de données de clients ou de concurrents ou bien même des données socio-économiques. Rien n'empêche, en effet, d'utiliser notre méthode pour délimiter non plus des zones de chalandise, mais par exemple les zones de plein-emploi ou les quartiers rassemblant certaines tranches de population pour des études à vocation économique. La

phase suivante, après le géocodage, consistera de la même façon à prétraiter ces données par des filtres morphologiques ou bien spatiaux selon que les données forment des points espacés (le filtre de dilatation remplira les interstices pour repérer les aires d'équidensité) ou bien des zones sans discontinuité d'information. Suite à une délimitation des aires homogènes par la désormais connue convolution, divers modèles de localisation-allocation sont susceptibles d'être appliqués. Outre le p-médian dédié surtout à la localisation des points de vente et de service, le modèle p-centré cherchant, non plus la proximité des clients mais les sites les plus centraux, convient bien à la localisation de services d'urgence (casernes de pompiers, commissariat, Samu). Le modèle de couverture maximale préconise quant à lui, que les sites possèdent une localisation optimale, si la distance maximale qui les sépare des points-clients associés est minimisée. Ainsi, à partir de ce site, l'on peut atteindre facilement tous les clients, même les plus éloignés avec un coût minimum. Le modèle de couverture maximale est donc bien adapté à la localisation de services de livraison ou d'entrepôts. C'est en particulier l'un des objectifs réservés à la suite de cette recherche que de démontrer l'intérêt de notre démarche méthodologique comparée aux autres modèles de localisation-allocation, dans d'autres cas de figure que la localisation d'activités commerciales, comme la logistique de livraison de l'entreprise interne (localisation des centrales de distribution) et externe (localisation des centres de livraison des commandes Internet) ou la réorganisation spatiale des services publics à l'échelon national. Une autre perspective de recherche est d'appliquer notre démarche à la segmentation de données statistiques. Les techniques de filtrages devraient en effet être capables de délimiter des paquets de données possédant une certaine similitude et les modèles de localisation-allocation de spécifier les caractéristiques les plus marquantes de ces données.

Bibliographie

- ACHABAL D.D., GORR W.L. et MAHAJAN V. (1982) Multiloc : A Multiple Store Location Decision Model, *Journal of Retailing*, 58.
- APPLEBAUM W. (1952) *Store Location Strategy Classes*, Preface, Addison-Wesley Publishing Co.
- APPLEBAUM W. (1966) Method for determining Store Trade Areas, Market Penetration and Potential Sales, *Journal of Marketing Research*, 3.
- APPLEBAUM W. (1968) The Analog Method for Estimating Potential Store Sales, *Guide to Store Location Research*, Addison-Wesley, Reading, Mass. by Kraus Reprint Ltd Nendeln Lichtenstein in 1967.
- APPLEBAUM W. et COHEN S.B. (1961) The Dynamics of Store Trading Areas and Market Equilibrium, *Annals of the Association of American Geographers* n°51/1, reprinted with permission of the original publishers by Kraus Reprint Ltd Nendeln Lichtenstein in 1967.
- APPLEBAUM W. et GREEN H.L. (1974) Determining Store Trade Areas, *Handbook of Marketing Research*, edited by R. Ferber NY Mac Graw Hill, pp 4.313-4.323.
- ARMSTRONG J.S. et BRODIE R.J. (1994) Effects of Portfolio Planning Methods on Decision Making : Experimental Results, *International Research Journal in Marketing* 11, North-Holland.
- ARTLE A. (1959) *Study in the Structure of the Stockholm Economy : Towards a Framework for Projecting Metropolitan Community Development*, Business Research Institute, Stockholm School Economics, Stockholm.
- AURIFEILLE J.M. (2000) A Bio-mimetic Approach to Marketing Segmentation : Principles and Comparative Analysis, *European Journal of Economic and Social Systems* 14 N°1, p. 93-108.

- AURIFEILLE J.M. (2001) *Les algorithmes génétiques*, Conférence invitée à l'IREIMAR, Institut de Recherche Européen sur les Institutions et les Marchés, CNRS, Mars 2001.
- AURIFEILLE J.M. (2001) Conjoint fuzzy vs non-fuzzy clustering : some empirical evidence using a genetic algorithm optimization, *Actes du 7ème congrès international SIGEF*, sept. 2001.
- BANOS A. (2001) Enhancing mobility behavior analysis using spatial interactive tools and computer intensive methods, *Geographic Information Sciences*, Vol. 7, N° 1, pp. 35-41
- BARAY J. (2002) *Le Guide des Produits Bio*, Editions Grancher, Paris.
- BEAUMONT J.R. (1987) Location-Allocation Models and Central Place Theory, *Spatial Analysis and Location-Allocation Models*, ed. Ghosh Avijit, Rushton Gerard, Van Nostrand Reinhold.
- BEHBAHANI A. et HOZMAN H. (1998) *La Concentration dans le Secteur Bancaire*, Mémoire de maîtrise d'Economie mention Economie Internationale, Monnaie et Finance, Université des Sciences Sociales de Toulouse.
- BINFORD T. (1971) Visual Perception by Computer, *IEEE Systems Science & Cybernetics Conference*, FA, Miami.
- BOUCHARD D.C. (1973) Location Patterns of Selected Retail Activities in the Urban Environment : Montreal, 1950-1970, *Revue Géographie Montréal*, 27, p. 319-327.
- BOULANGER P., PERELMAN G. (1990) Le réseau et l'Infini, Nathan, Paris, Cité par CLIQUET G. (2000) Plural Form in Store Networks : A Model for Store Network Evolution, *The International Review of Retail, Distribution and Consumer Research*, vol. 10, n°4, pp 369-387.
- BOVET P. (2001) L'hypermarché, le Caddie et le congélateur, *Le Monde Diplomatique*, Mars 2001, p.32.

- BRADACH J.L. (1998) *Franchise Organizations*, Harvard Business School Press, Boston, Ma.
- BRADY J.E.M. (1977) *The Pattern of Retailing in Central Dublin*, unpublished M.A. thesis, University College Dublin.
- BRICKLEY J.A., DARK F.H. (1987) The Choice of Organizational Form : The Case of Franchising, *Journal of Financial Economics*, 18, 401-20.
- BRIEC W., CLIQUET G. (1999) Plural Forms Versus Franchise and Company-owned Systems : A DEA Approach of Hotel Chain Performance, *28th EMAC Conference*, Berlin, May, 11th-14th 5proceedings on CD-ROM).
- BROWN S. (1992) *Retail Location : A Micro-scale Perspective*, Ashgate, England.
- BRUNNER J. A. et MASON J. L. (1968) The Influence of Driving Time Upon Shopping Center Preference, *Journal of Marketing* Vol. 32.
- BUCKLIN L.P. (1971) Trade Areas Boundaries: Some Issues in Theory and Methodology, *Journal of Marketing Research*, 30-7.
- CANNY J. (1986) A Computational Approach to Edge Detection, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. PAMI-8, No. 6, pp. 679-698.
- CAP GEMINI / ERNST & YOUNG (2000) Etudes de Divers Scenarii d'Organisation liés aux Hôpitaux du Chablais et de la Riviera, *Rapport Final pour le Département de la Santé / Service Santé Public*, p.3-16
- CAVES R.E. , MURPHY II W.F. (1976) Franchising : Firms, Markets, and Intangible Assets, *Southern Economic Journal*, 42, 572-86.
- CELLEUX G. et DIDAY E. (1980) L'analyse des Données, *Bulletin de liaison de la recherche en informatique et automatique*, INRIA.
- CHEN C.H. (1973) *Statistical Pattern Recognition*, Editions Spartan Books, Rochelle Park, N.J.

- CHERMANT J.L. et COSTER M. (1989) *Précis d'Analyse d'Images*, Presses du CNRS.
- CHESNAUD C. (2001) Activité de Simag - Développement en Recalage, Tracking et Reconstruction 3D, *Aux Frontières de l'Instrumentation et du Traitement d'Image*, Journée Thématique Organisée par le Pôle Optique et Photonique Sud, Marseille, 20 mars 2001, p.11
- CHRISTALLER W. (1935) *Die Zentralen Orte in Süddeutschland*, G.Fischer, Germany, Jena.
- CHURCH R.L. et SORENSEN P.A. (1995) A Comparison of Strategies for Data Storage Reduction in Location-Allocation Problems, National Center for Geographic Information and Analysis, *Technical Report 95-4*, University of Santa Barbara, California.
- CLARKE I. (2002) L'information géographique dans les études de localisation commerciale : une perspective managériale, in *Le géomarketing : Méthodes et Stratégies du Marketing Spatial*, G. Cliquet éd., Hermès, Paris.
- CLARKE I., HORITA M. et MACKANESS W. (2002) Intuition et Evaluation des Sites Commerciaux : Appréhender la Connaissance des Commerçants, *Stratégies de localisation des Entreprises Commerciales et Industrielles : De Nouvelles Perspectives*, p.107, Gérard Cliquet et Jean-Michel Josselin éditeurs, De Boeck Université, à paraître.
- CLIQUET G. (1990) La Mise en Œuvre du Modèle Interactif de Concurrence Spatiale (MICS) Subjectif, *Recherche et Applications en Marketing 5 / 7*, 3-18.
- CLIQUET G. (1997) Attraction Commerciale, Fondement de la Modélisation en Matière de Localisation Différentielle, *Revue Belge de Géographie*, 121ème année.
- CLIQUET G. (2001) Rôle des NITIC dans l'Evolution des Canaux de Distribution, *Proche-Orient n°13 - Revue de la Faculté de Gestion et de Management*, Université Saint-Joseph, Beyrouth, p.71-93

- CLIQUET G. (1992) *Le Management Stratégique des Points de Vente*, p.187-191, Ed. Sirey.
- CLIQUET G. (1995) Implementing a Subjective MCI Model: An Application to the Furniture Market, *European Journal of Operational Research* 84, 279-291.
- CLIQUET G. (1998) Valeur Spatiale des Réseaux et Stratégies d'Acquisition des Firmes de Distribution, in *Valeur, Marché et Organisation*, Ed. J-P. Brechet, Presses Académiques de l'Ouest.
- CLIQUET G. (1998) Valeur Spatiale des Réseaux et Stratégies d'Acquisition des Firmes de Distribution, in *Valeur, Marché et Organisation*, Ed. J-P. Brechet, Presses Académiques de l'Ouest.
- CLIQUET G. (2000) Plural Form in Store Networks : A Model for Store Network Evolution, *The International Review of Retail, Distribution and Consumer Research*, vol. 10, n°4, pp 369-387.
- CLIQUET G., FADY A. BASSET G. (2002) *Management de la Distribution*, Dunod, Paris.
- CLIQUET G. (2002) *Le Géomarketing : Méthodes et Stratégies du Marketing Spatial*, Hermès, Paris.
- CONVERSE P.D. (1949) New Laws of Retail Gravitation, *Journal of Marketing* 14, p.379-384.
- COOPER L.G. (1963) Location-Allocation Problems, *Operations Research* 11, 331-341.
- COOPER L.G. et FINKBEINER C.T. (1983) A Composite MCI Model for Integrating Attribute and Importance Information, *Advance in Consumer Research*, 109-113.
- COOPER L.G. et NAKANISHI M. (1983) Standardizing Variables in Multiplicative Choice Models, *Journal of Consumer Research* , 10, 96-108.

- CORNUEJOLS G., MARSHALL L.F. et NEMHAUSER G.L. (1977) Location of Bank Accounts to Optimize Float: An Analytic Study of Exact and Approximate Algorithms, *Management Science*, 23 (1pril), 789-810.
- CRASWELL N. et BAILEY P. (1999) *Is it fair to evaluate Web systems using TREC ad hoc*, Department of Computer Science - CSIRO, The Australian National University Pub.
- CRAUSAZ P.A., MUSY A., MATTEI A. (1999) GESREAU : GESREAU: Ein Konzept für ein Integriertes Management der Fliessgewässer, Rapport de l'Hydram, Suisse, p.6
- DASKIN M. S. (1995) *Network and Discrete Location: Models, Algorithms and Applications*, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- DAVIDSON W.R., SWEENEY D.J. et STAMPFL R.W. (1988) *Retailing Management*, 6^{ème} Ed., New York : Wiley, cité par Cliquet G. dans Valeur Spatiale des Réseaux et Stratégies d'Acquisition des Firmes de Distribution, in *Valeur, Marché et Organisation*, Ed. J-P. Brechet, Presses Académiques de l'Ouest, p.234.
- DE VOS (1973) The Use of Nearest-neighbour Methods, *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, 64, p. 307-319.
- DELENDIA J.F. (1970) *EVEC : Une Méthode d'Evaluation des Emplacements Commerciaux*, L.S.A. n° 335, sept. 1970, 57-61.
- DELOZIER M.W. et LEWISON D.M. (1986) *Retailing*, 2nd ed., Merrill.
- DENG Y., ROSS L.S. et WATCHER S.M. (1999) Employment Access, Residential Location and Homeownership, Lusk Center for Real Estate Report, Los Angeles.
- DENSHAM P.J. et RUSHTON G. (1992) A More Efficient Heuristic for Solving Large p-median Problems, *Papers in Regional Science: The Journal of the RSAI* 71/3, 307-329.
- DESMET P. (2001) *Marketing Direct*, 2ème éd., Dunod, Paris.

- DIRICHLET, G. L. (1850), Über die Reduktion der Positiven Quadratischen Formen mit Drei Unbestimmten Ganzen Zahlen , *Journal für die Reine und Angewandte Mathematik* 40, p. 216.
- DOUARD J.P. (2002) Géomarketing et Localisation des Entreprises Commerciales, *Stratégies de localisation des Entreprises Commerciales et Industrielles : De Nouvelles Perspectives*, Gérard Cliquet et Jean-Michel Josselin éditeurs, De Boeck Université, à paraître p.120
- DRUMMEY G.L. (1984) Traditional Methods of Sales Forecasting, in *Store Location and Store Assessment Research*, R.L. Davies and D.S. Rogers eds., Wiley, 279-299.
- DUDA R.O. et HART P.E. (1973) *Pattern Classification and Scene Analysis* Editions J. Wiley, New York, N.Y.
- FERBER R. (1958) Variations in Retail Sales Between Cities, *Journal of Marketing*, 22, p.295-303.
- FILSER M. (1998) Taille critique et stratégie du distributeur. Analyse théorique et implications managériales, *Décisions Marketing*, Numéro : 15, p.7-16.
- FLAHAUT B. (2000) Impact de l'Aménagement du Territoire sur la Sécurité Routière Durable : Analyse de la Situation Belge - Concentration Spatiale des Accidents de la Route, *Projet SSTC MD/10/042*, Centre d'Analyse Spatiale et Urbaine, Université Catholique de Louvain,
- FLAHAUT B. (2001) L'autocorrélation spatiale comme outil géostatistique d'identification des concentrations spatiales des accidents de la route, *CYBERGEO*, n° 185
- FOGG W. (1932) The Suq: a study in the human geography of Morocco, *Geography* 12, p. 257-258.
- FOSTER C. et LAMPKIN N. (1999) *European Organic Production Statistic 1993-96*, Stuttgart, Hohenheim University.

- FOTHERINGHAM A. S. (1988) Market Share Analysis Techniques : A review and Illustration of Current US Practice, in *Store Choice, Store Location and Market Analysis*, Neil Wrigley, Routledge, 120-159.
- FRANCE TELECOM (2001) *Rapport d'Activité de la Société*, Mars 2001.
- FREEMAN H. (1970) *Boundary Encoding and Processing in Picture and Processing and Psychopictorics*, Lipkin B.S. and Rosenfeld A., Academic Press, New York, p. 241-266.
- FU K.S. (1968) *Sequential Methods in Pattern Recognition and Machine Learning*, Editions Academic Press, New York, N.Y.
- GALVAO R.D. (1993) Use of Lagrangean Relaxation in the Solution of Uncapacited Facility Location Problems, *Location Science 1*, 57-70.
- GAUTSCHI D.A. (1981) Specification of Patronage Models for Retail Center Choice, *Journal of Marketing Research*, Vol. XVIII, 162-174.
- GETIS A. (1961) The Determination of the Location of Retail Activities with the Use of a Map Transformation, *Economic Geography*, p. 12-22.
- GHOSH A. (1984) Parameter Nonstationarity in Retail Choice Models, *Journal of Business Research 12*, 425-426.
- GHOSH A. et CRAIG C.S. (1984) A Location Allocation Model for Facility Planning in a Competitive Environment, *Geographical Analysis*, Vol. 16, n°1, 39-51.
- GHOSH A. et McLAFFERTY S. (1987) *Location Strategies for Retail and Service Firms*, Lexington Books.
- GHOSH A., CRAIG S. (1983) Formulating Retail Location Strategy in a Changing Environment, *Journal of Marketing*, 47, p. 56-68.
- GHOSH A., CRAIG S. (1991) Fransys : A Franchise Distribution System Location Model, *Journal of Retailing*, 67, p. 466-495.

- GHOSH A., RUSHTON G. (1987) *Spatial Analysis and Location-Allocation Models*, Van Nostrand, Reinhold, 1987.
- GHOSH A., TIBREWALA (1992) Optimal Timing and Location in Competitive Markets, *Geographical Analysis*, 24 (4): 317-334.
- GIBSON J.J. (1950) *The Perception of the Visual World*, Editions Houghton-Mifflin, Mass., Boston.
- GOLDBERG D.E. (1991) *Genetic Algorithms*, Addison-Wesley, New York.
- GOLDBERG D.E. (1994) *Algorithmes Génétique, Exploration, Optimisation et Apprentissage Automatique*, Editions Addison-Wesley, 1994.
- GOLDBERG D.E. et LINGLE R. Jr. (1985) Alleles, loci and the travelling salesman problem, *Proceedings of an International Conference on Genetic Algorithms*, J.J. Grefenstette (Ed.), LEA Pub, p 154-159.
- GOLDEN B, BODIN L., DOYLE T. et STEWART Jr. (1980) Approximate Travelling Salesman Algorithms, *Operations Research*, 28, 694-711.
- GOLDMAN IJ (1971) Optimal Center Location in Simple Networks; *Transportation Science* 5, 212-221.
- GOODSCHILD M.F. (1984) Ilacs : A Location-Allocation Model for Retail Site Selection, *Journal of Retailing*, 60, p. 84-100.
- GOODSCHILD M.F. et NORONHA V. (1983), *Location-Allocation for Small Computers*, University of Iowa, Monograph N°8.
- GREEN H.L. (Avril 1959) *Correspondence with Applebaum W. & Cohen S.B.*
- GRUEN V. et SMITH L. (1960) *Shopping Town USA: The Planning of Shopping Centers*, Reinhold Publishing Co., New York.
- GUIDO P. (1971) Vérification Expérimentale de la Formule de Reilly en Tant que Loi d'Attraction des Supermarchés en Italie, *Revue Française de Marketing n°39*, p. 101-107.

- GUPTA I. et DASGUPTA P. (2000) Report : Demand for Curative Health Care in Rural India : Choose between Private, Public and No Care, *Programme on Research Development of the National Council of Applied Economic Research* sponsored by the United Nations Development Programme, Dec. 2000.
- GUPTA R. (1996) *Problems in Communication Network Design and Location Planning; New Solution Procedures*, PhD, Graduate School of the Ohio State University.
- HADWIGER H. (1957) *Vorlesung Über Inhalt, Oberfläche und Isoperimetrie*, Springer Verlag, Berlin.
- HAKIMI S.L. (1965) Optimum Distribution of Switching Centers in a Communication Network and Some Related Graph Theoretic Problems, *Operations Research* 13, 462-475.
- HALL M. et KNAPP J. et WINSTEN C. (1961) *Distribution in Great Britain and North America*, Oxford University Press, London.
- HANDLER G.Y. et MIRCHANDANI P.B. (1979) *Locations on Networks*, MIT Press, Cambridge, MA.
- HERNADEZ T., BIASIOTTO M. (2001) The Survey of Corporate Planning : Summary Findings, Research Letter 2001-2, Centre for the Study of Commercial Activity.
- HERNANDEZ J.A. (1998) *The Role of Geographical Information Systems Within Retail Location Decision Making*, PhD Thesis, The Manchester Metropolitan University Manchester.
- HOLLAND J.H. (1975) *Adaptation in natural and artificial systems*, Ann Arbor: University of Michigan Press.
- HOLLAND J.H. (1992) Les algorithmes génétiques, revue *Pour la Science*, No 179, Sept. 1992, p. 44-51.

- HOLMBERG K., RÖNNQVIST M. et YUAN D. (1999) An Exact Algorithm for the Capacitated Facility Location Problems with Single Sourcing, *European Journal of Operational research* 113, 544-559.
- HORN B.K.P. (1975) *The Psychology of Computer Vision*, Editeur P.Winston, NY.
- HORN B.K.P. (1986) *Robot Vision*, Editions MIT, Press Mc Graw-Hill, NY.
- HOTELLING H. (1929) Stability in Competition, *The Economic Journal*, vol. 39, p. 41-57.
- HRUSCHKA H., FETTES W. et PROBST M. (2001) A Neural Net-Multinomial Logit (NN-MNL) Model to Analyze Brand Choice. In: Govaert, G., Janssen, J., Limnios, N. (eds.): *Applied Stochastic Models and Data Analysis*, Volume 2. ASMDA, Compiègne 2001, 555-560.
- HUBBARD R. (1978) A Review of Selected Factors Conditioning Consumer Travel Behavior, *Journal of Consumer Research*, vol. 5, june, p.1-21.
- HUFF D. L. (1964) Defining and Estimating a Trading Area, *Journal of Marketing*, Vol 28, p. 38.
- INGENE C. et LUSCH R. (1980) Market Selection Decisions for Department Stores, *Journal of Retailing*, 56, p.21-40.
- INGENE C. et YU (1981) Determinants of Retail Location in SMSAs, *Regional Science and Urban Economics* 11, p.529-547.
- INGENE C.A. (1984) Structural Determinants of Market Potential, *Journal of Retailing*, Vol.60 N°1, p.37-64.
- INRA (1999) *L'agriculture Biologique en France*, Document du Groupe de Travail de l'Inra sur le Secteur Biologique, Présidé par Guy Riba.
- ISADORE V.F. (1954) *Retail Trade Analysis*, University of Wisconsin, Bureau of Business Research and Service, Madison.

- ISARD W. (1956) *Location and Space Economy*, p. 254-287, New York.
- JAIN K. et MAHAJAN V. (1979) Evaluating the Competitive Environment in Retailing Using Multiplicative Interactive Model, *Research in Marketing*, Vol. 2, Jagdish Sheth ed., Greenwich, Conn.: JAI Press.
- JALLAIS J., ORSONY J. et FADY A. (1994) *Marketing du Commerce de Détail*, Vuibert, Paris.
- JOHNSTON J. (1972) *Econometric Methods*, McGraw-Hill, New York.
- JOHNSTON R.J. (1967) Land Use Changes in the Melbourne CBD : 1857-1972, Troy, P.N., (ed), *Urban Redevelopment in Australia*, Research School of Social Sciences, Urban Research Unit, Australian National University, Canberra, p. 77-201.
- JOLIBERT A., ALEXANDRE D. (1981) L'utilisation du modèle gravitaire généralisé dans la localisation des agences bancaires, *Techniques Economiques*, 123, 31-44.
- KANE B.J. (1966) *A Systematic Guide to Supermarket Location Analysis*, Fairchild, New York.
- KARIV O. et HAKIMI S.L. (1979) An algorithmic Approach to Location Problems, Part 1: The p-Centers, *SIAM J. Math.* 37, 513-538.
- KARIV O et HAKIMI S.L. (1979) An Algorithmic Approach to Network Location Problems, Part 2: The p-médians", *SIAM Journal of Applied Mathematics* 37, 539-560.
- KAUFMANN P.J., DONTU N. et CHARLES M.B. (2000) Multi-unit Retail Site Selection Processes : Incorporating Opening Delays and Unidentified Competition, *Journal of Retailing*, Vol.76(1), p. 113-127.
- KIMES S.E. et FITZSIMMONS (1990) Selecting Profitable Hotel Sites at La Quinta Motors Inn, *Interfaces* 20, Mars-Avril 12-20.
- KOENIG G. (1990) *Management Stratégique : Visions, Manœuvres et Tactiques*, Nathan.

- KOLEN A. et TAMIR A. (1990) Covering Problems, *Discrete Location Theory* de Mirchandani & Francis Chap. 6, Wiley & Sons.
- KOTLER P. (1971) *Marketing Decision Making: A Model Building Approach*, New York: Holt, Rinehart & Winston.
- LA POSTE SUISSE (2001) *Communiqué de Presse*, <http://www.poste.ch>
- LANE J.M. et RIESENFELF R.F. (janvier 1980) A Theoretical Development for the Computer Generation and display of Piecewise Polynomial Surfaces, *IEEE Trans. on PAMI*, Vol. PAMI-2, No 1, p. 35-46.
- LAPARRA L. (1995) L'implantation d'hypermarché : comparaison de deux méthodes d'évaluation du potentiel, *Recherche et Applications en Marketing*, Vol. : 10, Numéro : 1, p. 69-79
- LAULAJAINEN R. (1987) *Spatial Strategies in Retailing*, Dordrecht, Holland, Reidel.
- LE MOIGNE J.L. (1990) *La modélisation des Systèmes Complexes*, Bordas, Paris, 178p.
- LEE Y. (1979) A Nearest-neighbour Spatial Association Measure for the Analysis of Firm Interdependence, *Environment and Planning A*, 1, p. 169-176.
- LES ECHOS (2000) *L'atlas des Régions Tome 1*, Les Echos, réalisé en collaboration avec l'Insee.
- LES ECHOS (2001) *Les Echos Magazine*, parution du 28 août 2001.
- L'HEBDO (1998) Le "T" qui Vaut 20 Milliards de Marks, *L'Hebdo N°47*, 21 novembre 1996
- LIM J. S. (1990) *Two-Dimensional Signal and Image Processing*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, pp. 478-488.
- LORD J.D. et OLSEN L.M. (1979) Market Area Characteristics and Branch Bank Performance, *Journal of Bank Research* 10, p. 102-110.

- LORENTZ M. (1998) *Le Commerce Electronique*, Les Editions de Bercy, Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie, p.15.
- LÖSCH A. (1940) *Die Räumliche Ordnung der Wirtschaft*, Fischer, Iena.
- LUCE R. (1959) *Individual Choice Behavior*, New York: John Wiley & Sons.
- MABILLOT V. (2000) Mises en Scène de l'Interactivité : Représentations des Utilisateurs dans les Dispositifs de Médiations Interactives, Thèse soutenue le 7 janvier 2000, Université de Lyon II, p.6
- MAHAJAN V., SHARMA S. et SRINIVAS D. (1985) An Application of Portfolio Analysis for Identifying Attractive Retail Locations, *Journal of Retailing*, vol.61, n°5, hiver 1985, 19-34.
- MALINVAUD E. (1980) *Statistical Methods of Econometrics*, North Holland, New York.
- MARANZANA F.E (1964) On the Location of Supply Points to Minimize Transport Costs, *Operational Research Quarterly*, 15, 261-270.
- MARCHIONNI D., CAVAYAS F., ROLLERI E. (1999) Potentiel de Détection des Traits Structuraux d'un Territoire Semi-Désertique sur des Images RADARSAT : Le Cas du Macizo del Deseado, Argentina, *Rapport du Committee on Earth Observation Satellite*.
- MARKOWITZ H. (1952) Portfolio Selection, *Journal of Finance*, Vol. 7, mars, p.77-91.
- MATHERON G. (1982) Les Applications Idempotentes, *Rapport du Centre de Géostatistique et de Morphologie Mathématique n°743*, Ecole des Mines, Fontainebleau.
- Mc ROBERTS K.L. (1971) A Search Model for Evaluating Combinatorially Explosive Problems, *Operations Research*, 19, 1331-1349.
- MCKAY D.B. (1973) Spatial Measurement of Retail Store Demand, *Journal of Marketing Research*, 10, 4, p. 447-453.

- McLAFFERTY S.L. et GHOSH A. (1987) Optimal Location and Allocation with Multipurpose Shopping, *Spatial. Analysis and Location-Allocation Models*, ed. Ghosh Avijit, Rushton Gerard, Van Nostrand Reinhold.
- MERCURIO J. (1984) Store Location Strategies, *dans Store Location and Store Assessment Research* cité par CLIQUET G. dans Valeur Spatiale des Réseaux et Stratégies d'Acquisition des Firmes de Distribution, in *Valeur, Marché et Organisation*, Ed. J-P. Brechet, Presses Académiques de l'Ouest.
- MEYER F. (1978) *IIème Symposium Européen d'Analyse d'Images en Sciences des Matériaux, Biologie et Médecine*, 4-7 oct. 1977. Pract. Met., S8, p. 374, Caen, France.
- MINKOWSKI H. (1903) *Mathematics Annals*, Vol. 57, p.447.
- MOATI P. (2001) *L'avenir de la Grande Distribution*, Ed. Odile Jacob.
- MOATI P. et POUQUET L. (1998) Stratégies de Localisation de la Grande Distribution et Impact sur la Mobilité des Consommateurs, *Collection des Rapports n°194*, Crédoc, p.53.
- MOATI P. et POUQUET L. (1998) Stratégies de Localisation de la Grande Distribution et Impact sur la Mobilité des Consommateurs, *Collection des Rapports n°194*, Crédoc, p.69.
- MONROE K.B. et GUILTINAN J.P. (1975) A Path-Analytic Exploration of Retail Patronage Influences, *Journal of Consumer Research* 2, 19-28.
- MORAN P. (1948) The Interpretation of Statistical Maps, *Journal of the Royal Statistical Society B*, N°10, 1948, p. 243-251
- MURTY K.G. et DJANG P.A. (2000) The US Army National Guard's Mobile Training Simulator Location and Routing Problem, *US Army Training and Doctrine Analysis Command*, Dept. of IOE, University of Michigan.
- NAGAO M., (1979) Edge Preserving Smoothing, *CGIP*, vol. 9, p.394-407.

- NAKANISHI M. et COOPER L.G. (1974) Parameter Estimate for Multiplicative Competitive Interactive Model - Least Squares Approach, *Journal of Marketing Research*, 11, 303-311.
- NAKANISHI M. et COOPER L.G. (1974) Parameter Estimates for Multiplicative Competitive Interaction Models: Least Square Approach, *Journal of Marketing Research* 11: 303-311.
- NELSON R.L. (1958) *The Selection of Retail Locations*, F.W. Dodge Corp, p.153, New York.
- NEVIN J.R. et HOUSTON M.J. (1980) Image as a Component of Attraction to Intraurban Shopping Areas, *Journal of Retailing*, Vol. 56, No. 1, pp.77-93.
- OKABE A., ASAMI Y. & MIKI F. (1985) Statistical Analysis of the Spatial Association of Convenience-good Stores by Use of a Random Clumping Model, *Journal of Regional Science*, 25, p. 11-28.
- ORSTOM (1998) *Image Satellite et Milieux Terrestre en Régions Arides et Tropicales*, Editions de l'Orstom, Bondy.
- PARKER A.J. (1973) The Structure and Distribution of Grocery Shops in Dublin, *Irish Geography*, 5, p. 625-630.
- PATRICK E.A. (1972) *Fundamentals of Pattern Recognition*, Edition Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.
- PAVLIDIS T. (1977) *Structural Pattern Recognition*, Editions Springer-Verlag, New York, N.Y.
- PETERSON R.A. (1974) Trade Area Analysis Using Trend Surface Mapping, *Journal of Marketing Research*, Vol. XI, 338-42.
- PINDER D.A. & WITHERICK M.E. (1972) The Principles, Practice and Pitfalls of Nearest-neighbour Analysis in Linear Situations, *Geography*, 57, p.277-288.

- POSTAIRE J.G. (1987) *De l'Image à la Décision*, Editions Dunod-Informatique Bordas, Paris.
- PREWITT J.M.S. (1970) *Picture Processing and Psychopictories*, Academic Press, p.75.
- REILLY W. J. (1931) *The Law of Retail Gravitation*, W. Reilly ed, 285 Madison Ave, New York, NY.
- REVELLE C. et SWAIN R. (1970) Central Facilities Location, *Geographical Analysis*, 2, 30-40.
- RIBEIRO FILHO G. et NOGUEIRA LORENA L.A. (2000) *Improvements On Constructive Genetic Approaches To Graph Coloring*, Sao José Dos Campos, Spain.
- ROBERT-DEMONTROND P., THIEL D. (2002) Algorithmes génétiques et stratégies spatiales des firmes de distribution, in *Stratégies de Localisation des Entreprises Commerciales et Industrielles : De Nouvelles Perspectives*, G. Cliquet et J-M. Josselin éd., De Boeck Université, Bruxelles.
- RODER W. (1975) A Procedure for Assessing Point Patterns without Reference to Area or Density, *Professional Geographer*, 27, p. 432-440.
- ROGER P. (1983) *Description du Comportement Spatial du Consommateur*, Thèse de Doctorat, Lille.
- ROGERS A. (1969) Quadrat Analysis of Urban Dispersion : 2. case studies of urban retail systems, *Environment and Planning*, 1, p. 155-171.
- ROGERS A. (1974) *Statistical Analysis of Spatial Dispersion*, Pion, London.
- ROGERS D.S. (1980) 5 ways to Evaluate a Store Location, *Store Location*, 42-48.
- ROLLAND E., SCHILLING D.A. et CURRENT J.R. (1996) An Efficient Tabu Procedure for the p-Median Problem, *European Journal of Operational Research*, 329-342.
- SCHOOLEY T. (2001) *For some retailers, drive-time is more important than location*, Pittsburgh Business Times, American City Business Journals, march 9, 2001, p.10.

- SCOTT A.J. (1971) *Combinatorial Programming, Spatial Analysis and Planning*, London: Methuen and Company Limited.
- SERRA J. (1982) *Image Analysis and Mathematical Morphology*, Academic Press.
- SHACHAR A. (1967) Some Application of Geo-statistical Methods in Urban Research, *Papers of the Regional Science Association*, 18, p.85-92.
- SIBLEY D. (1975) *A Temporal Analysis of the Distribution of the Distribution of Shops in British Cities*, unpublished Ph.D. thesis, University of Cambridge.
- SMITH S.L.J. (1985) Location Pattern of Urban Restaurants, *Annals of Tourism Research*, 12, p. 581-602.
- SOKAL R., ODEN N., THOMSON B. (1998) Local spatial autocorrelation in a biological model, *Geographical Analysis*, Vol. 30, n° 4, pp. 331-353
- SORENSON A.D. (1970) *A Comparative Study of the Changing Patterns of Distribution of Service Industries on Tyneside, Wearside and Teeside*, unpublished Ph.D. thesis, University of Newcastle-upon-Tyne.
- STANLEY et SEWALL (1976) Image Inputs to a Probabilistic Model: Predicting Retail Potential, *Journal of Marketing*, 40 (July), 48-53.
- STANLEY et SEWALL (1976) Image Inputs to a Probabilistic Model: Predicting Retail Potential, *Journal of Marketing*, 40 (July), 48-53.
- STERNBERG (1979) *Proc. 3rd Int. IEEE Comprac*, Chicago 1979.
- SYLVANDER B. (1999) Les Tendances de Consommation de Produits Biologiques en France et en Europe : Conséquences sur les Perspectives d'Evolution du Secteur. *Colloque l'Agriculture Biologique Face à Son Développement*, Les enjeux Futurs, 6-8 déc. 1999, Lyon.
- TAILLARD E.D. (1996) Heuristic Methods for Large Centroid Clustering Problems, *Technical Report Idsia 96-96*, Idsia.

- TEITZ M.B. et BART P. (1968) Heuristic Methods for Estimating Generalized Vertex Median of a Weighted Graph, *Operations Research*, 16, 955-961.
- THIESSEN A.H. et ALTER J.C. (1911), Precipitation Averages for Large Areas, *Monthly Weather Review*, 39, p. 1082-1084.
- THIETARD Raymond-Alain (1988) *La Stratégie d'Entreprise*, Mc Graw-Hill.
- TOU J.T. et GONZALEZ R.C. (1974) *Pattern Recognition Principles*, Edition Addison-Wesley, Reading, Mass.
- TUKEY (1958) Bias and Confidence in Not-Quite Large Samples, *Annals of Mathematical Statistics* 29, p.614.
- UNI-Europa Finance (2000) L'impact des Fusions dans le Secteur de la Banque et de l'Assurance, *Rapport Interne d'Entreprise*, janvier 2000.
- University of Newcastle upon Tyne, Agricultural Economics & Food Marketing Department (2001) Student Resources http://www.ncl.ac.uk/aefm/student_resources/aef334/LeviStrauss.pdf
- VERAN L. (1991) *La prise de Décisions dans les Organisations : Prise de Décision et Changement*, Les Editions de l'Organisation.
- VOLLE P. (1999) Du Marketing des Points de Vente à Celui des Sites Marchands : Spécificités, Opportunités et Questions de Recherche, *Cahier n°276*, Centre de Recherche DMSP, juin 1999.
- VOLLE P. (2000) Du Marketing des Points de Vente à Celui des Sites Marchands : Spécificités, Opportunités et Questions de Recherche, *Revue Française du Marketing*, N°177/178.
- VON BERTALANFFY L. (1968) *Théorie générale des systèmes*, Trad. fr. par J. B. Chabrol., Dunod, Paris.

- WEBER A. (1909) *Über den Standort der Industrien*, Tübingen, Traduction Anglaise de Friedrich (1929) *Theory of the Location of Industries*, University of Chicago Press, Chicago.
- WELLS W. et GUBAR G. (1966) The Life Cycle Concept in Marketing Research, *Journal of Marketing Research*, 3, p.355-363.
- WILSON (1971) A Family of Spatial Interaction Models, and Associate Developments, *Environment and Planning A*, vol. 3, 1-32.
- WING H.C. & LEE S.L. (1980) *The Characteristics and Locational Patterns of Wholesale and Service Trades in the Central Area of Singapore*, *Singapore Journal Geography*, 1, p.23-36.
- WRIGHT P. et RIPS P.D. (1981) Retrospective Reports on the Causes of Decisions, *Journal of Personality and Social Psychology* 40, 601-614.

Table des Matières

Introduction générale.....	1
Partie I : <u>La localisation commerciale multiple: enjeux et théories</u>.....	19
Chapitre 1 : Enjeux et pratiques de la localisation commerciale	20
Introduction	21
1.1 Enjeux d'une bonne connaissance de la zone de chalandise	24
1.2 Définir précisément la zone de chalandise	27
1.2.1 Variables façonnant l'étendue et la forme des zones de chalandise	29
1.2.1.1 Variables intrinsèques au point de vente.....	30
1.2.1.2 Variables environnementales	30
1.2.1.3 La variable temporelle.....	33
1.3 Méthodes traditionnelles de délimitation des zones de chalandise	33
1.3.1 Approches subjectives : la méthode du temps de conduite.....	34
1.3.2 Approches normatives.....	36
1.3.2.1 La méthode analogique	36
1.3.2.2 La méthode par les modèles de régression.....	38
1.3.2.3 La méthode par les surfaces enveloppantes	40
1.3.2.4 La méthode des nuées dynamiques	41
1.4 Inconvénients et limitations des méthodes traditionnelles de délimitation.....	44
1.5 Les méthodes de localisation actuellement utilisées	46
1.5.1 La méthode par les parts de marché et les surfaces de vente	48
1.5.2 La méthode analogique	48
1.5.3 La méthode par le modèle de régression multiple.....	49
1.5.4 L'analyse discriminante	52
1.5.5 La méthode du marché potentiel	53
1.5.6 Le modèle p-médian.....	53
Conclusion.....	56
Chapitre 2 : Les théories de la localisation	57
Introduction	58
2.1 Les modèles d'interaction spatiale	60
2.1.1 La loi de Hotelling.....	60
2.1.2 La loi de Reilly et la formule du point de rupture.....	62
2.1.3 La méthode des secteurs proximaux et la théorie des places centrales de Christaller	64
2.1.4 Le modèle de Huff.....	69
2.1.5 Le modèle MCI	70
2.1.6 Le modèle MNL	72
2.2 Les modèles de localisation multiple	74

2.2.1 Les méthodes de localisation-allocation	75
2.2.1.1 Formulation mathématique du p-MP	80
2.2.1.2 Les algorithmes de résolution du p-MP	83
2.2.2 Le modèle Multiloc	95
2.2.3 La méthode d'analyse de portefeuille	97
2.2.4 Les autres modèles de localisation-allocation	99
2.3 Limitations du modèle p-médian et de ses méthodes actuelles de résolution	99
2.3.1 Le modèle p-médian : une réalité simplifiée	99
2.3.2 La complexité des méthodes de résolution du p-médian	102
2.3.3 L'analyse typologique : une solution imparfaite pour simplifier la problématique du p-MP	103
Conclusion.....	111

Chapitre 3 : L'apport du traitement du signal dans le modèle p-médian..... 113

Introduction	114
3.1 Une nouvelle approche du p-MP par le traitement du signal : premier aperçu d'un nouvel algorithme rapide de multilocalisation d'activités	115
3.2 Méthodes de délimitation fondées sur le traitement du signal et l'analyse d'image.....	120
3.2.1 Introduction au traitement du signal et à l'analyse d'image.....	121
3.2.2 Le géocodage et la représentation des données géomarketing.....	124
3.2.3 Le prétraitement des données par filtrage	128
3.2.4 La délimitation des zones de chalandise par traitement du signal	135
3.3 La construction du modèle p-médian : détermination des centres de gravité, distances et pondérations du modèle p-médian.....	156
3.4 Approches stratégiques de la localisation	165
3.4.1 La stratégie d'évitement ou rechercher les zones non exploitées par la concurrence	172
3.4.2 La recherche de concurrents ou la prédation.....	174
3.4.3 Stratégie d'ouverture des points de vente	177
3.5 Un exemple de construction d'un modèle p-médian par traitement du signal	179
3.6 Utiliser toutes les sources d'informations commerciales disponibles	184
Conclusion.....	191

Partie II : La localisation d'un réseau 193

Chapitre 4 :Analyse d'un réseau de points de vente de produits biologiques dans l'Ouest parisien 194

Introduction	195
4.1 Le marché de la distribution des produits biologiques.....	196
4.1.1 Les produits biologiques : définition et importance du marché	196
4.1.2 Le commerce de détail des produits biologiques en France.....	199
4.1.3 La vente des produits biologiques sur Internet.....	205
4.2 La mise en œuvre du traitement du signal et du modèle p-médian.....	209
4.2.1 La base de données utilisée	209
4.2.2 Le géocodage des données	213
4.2.3 Le pré-traitement des données.....	215
4.2.3.1 La délimitation de la zone de chalandise	224
4.2.3.2 L'analyse de la zone de chalandise	226

4.2.3.3 La construction et la résolution du modèle p-médian correspondant.....	234
Conclusion.....	239
Chapitre 5 : Mise en œuvre d'un système rapide d'aide à la décision de localisation.....	240
Introduction	241
5.1 Résolution du modèle p-médian par l'algorithme flou et l'algorithme de voisinage.....	242
5.2 Résolution du modèle p-médian par les multiplicateurs de Lagrange	244
5.3 Résolution du modèle p-médian par l'algorithme génétique.....	246
5.4 Localisation améliorée des points de vente au sein des aires de chalandise	249
Conclusion.....	259
Chapitre 6 : Comparaison et implications managériales et stratégiques.....	260
Introduction	261
6.1 Comparaison des résultats de notre algorithme avec ceux des méthodes traditionnelles de construction et de résolution du p-médian.....	262
6.2 Implications managériales et stratégique : analyse des localisations existantes et choix d'une nouvelle localisation	266
6.2.1 Vérifier la bonne localisation de magasins existants	266
6.2.2 Etendre son réseau de points de vente.....	268
6.2.3 Développer une stratégie de localisation des réseaux de points de vente	271
6.2.4 Déterminer la zone de chalandise de magasins.....	282
6.2.5 Prévoir les ventes	284
6.3 Les avantages immédiats apportés par l'utilisation du traitement du signal en localisation commerciale	286
6.4 Limites et perspectives	292
Conclusion.....	297
Conclusion générale	300
Bibliographie.....	312
Table des matières.....	332
Table des illustrations	335
Tableaux	335
Figures.....	337
Annexe A : Cartes des clients géocodés par arrondissement et communes de périphérie.....	339
Annexe B : Répertoire français-anglais des termes du traitement du signal et de l'analyse automatique d'image.....	344

Table des illustrations

Figures

Introduction - Fig. 1: Scénarii de la réorganisation de sites hospitaliers dans le canton de Vaud.....	5
Introduction - Fig. 2 : Notation des scénarii de la réorganisation de sites hospitaliers dans le canton de Vaud	6
Introduction - Fig. 3 : Schéma d'un data warehouse classique dans une entreprise	10
Fig 1.1 - Exemple de détermination d'une zone de chalandise par un logiciel commercial utilisant la méthode analogique	37
Fig. 2.1 - Le principe de différenciation minimale.....	61
Fig. 2.2 - Illustration de la formule du point de rupture.....	63
Fig. 2.3 - Estimation d'une zone de chalandise par la méthode du point de rupture	63
Fig. 2.4 - Les hexagones de la théorie des place centrales	65
Fig. 2.5 - Etapes pour la détermination des secteurs proximaux	67
Fig. 2.6 - Répartition des commerces et de l'artisanat par métier dans un souk marocain	68
Fig. 2.7 - Méthode de résolution du 1-médian : étape 1.....	84
Fig. 2.8 - Méthode de résolution du 1-médian : étape 2.....	84
Fig. 2.9 - Méthode de résolution du 1-médian : étape 3.....	85
Fig. 2.10 - Méthode de résolution du 1-médian : étape 4.....	85
Fig. 2.11 - Organigramme de l'algorithme flou.....	86
Fig. 2.12 : La matrice de portefeuille appliquée à l'Europe par le groupe Lévis Strauss	98
Fig. 2.13 - Nombres d'articles traitant du p-médian par année.....	103
Fig. 2.14 : Un exemple de 3 classes α , β et γ identifiées par les variables x_1 , x_2 , x_3	104
Fig. 2.15- Partition des communes suisses en 23 cellules représentées chacune par un centre urbain	106
Fig. 2.16 - Les 76 villes représentées chacune par un cercle.....	106
Fig. 2.17 - Partition des 76 villes en 2 ensembles	107
Fig. 2.18 - Partition des 76 villes en 4 ensembles	108
Fig. 2.19 - Partition de 17 villes en 3 ensembles.....	108
Fig. 2.20 - Partition des 17 villes en 2 ensembles	109
Fig. 3.1 - Organigramme du nouvel algorithme proposé	117
Fig. 3.2 - Exemple de représentation de clients sous forme de pixels.....	125
Fig. 3.3 - Exemple de localisation de clients associés à leur fréquentation, sous forme d'un nuage de pixels en niveaux de gris	126
Fig. 3.4 - Exemple de projection cavalière.....	127
Fig. 3.5 - Exemple de lignes de niveaux	127
Fig. 3.6 - Exemple de représentation en code ternaire	128
Fig. 3.7- 8 voisins adjacents à un point central	130
Fig. 3.8 - Adresses clients associées aux fréquentations	131
Fig. 3.9 - La représentation traitée par 2 filtres médians.....	131
Fig. 3.10 - Les 3 catégories des 9 configurations du filtrage de Nagao sur lesquelles porte le calcul des moyennes et des variances	133
Fig. 3.11- Adresses clients associées aux fréquentations	134
Fig. 3.12 - La représentation traitée par 2 filtres Nagao.....	134
Fig. 3.13 - Exemple de représentation histogramme des valeurs $f(x,y)$ des points d'une image	136
Fig. 3.14 - Détermination d'un seuil de valeurs sur un histogramme	136
Fig. 3.15 - Exemples d'un histogramme et de son enveloppe comportant plusieurs valeurs de seuils.....	137
Fig. 3.16 - Adresses clients associées aux fréquentations	140
Fig. 3.17 - La représentation traitée par le laplacien après 2 filtres médian.....	140
Fig. 3.18 - L'image $f_{i,j}$ et le filtre $h_{i,j}$	141
Fig. 3.19- Adresses clients associées aux fréquentations	144
Fig. 3.20 - La représentation traitée par filtres Sobel après 2 filtres médian (les contours sont superposés à l'image filtrée par les 2 Nagao)	144
Fig. 3.21 - Exemple d'une dilatation	149
Fig. 3.22- Exemple d'une érosion.....	150
Fig. 3.23 - Image Initiale, érosion, puis dilatation.....	150
Fig. 3.24 - En Noir: La Courbe Originale / En Gris: a courbe transformée par dilatation	151

Fig. 3.25 - En Noir: La Courbe Originale / En Gris: la courbe transformée par dilatation	151
Fig. 3.26 - En Noir: La Courbe Originale / En Gris: la courbe transformée par érosion.....	152
Fig. 3.27 - En Noir: la courbe originale / En Gris: la courbe transformée par fermeture.....	152
Fig. 3.28 - En Noir: la courbe originale / En Gris: la courbe transformée par chapeau haut-de-Forme.....	153
Fig. 3.29 - Les 2 points et les 2 tangentes définissant une courbe de Bézier cubique.....	154
Fig. 3.30 - Adresses clients associées aux fréquentations	155
Fig. 3.31 - Deux filtres Nagao.....	155
Fig. 3.32 - Une dilatation	155
Fig. 3.33 - Une érosion.....	155
Fig. 3.34 - Une soustraction par rapport à l'image filtrée (transformation du chapeau haut-de-forme)	155
Fig. 3.35 - Un amincissement et une régularisation, des contours (grâce aux courbes de Bézier).....	155
Fig. 3.36 - Exemple de Codage Hexagonal.....	157
Fig. 3.37 - Exemple de parcours d'une forme à l'aide de l'algorithme destiné à extraire les coordonnées du contour	158
Fig. 3.38 - Exemple de parcours de frontière de zone de chalandise à l'aide de l'algorithme	159
Fig. 3.39 - Ensemble de clients potentiels représentés par des points.....	161
Fig. 3.40 - Centre de gravité d'une zone de chalandise délimitée	161
Fig. 3.41 - Les centres des aires et ceux des points appartenant à ces mêmes aires.....	162
Fig. 3.42 - Type de Décisions prise par les décideurs pour leur réseau de distribution	169
Fig. 3.43 - Adresses de magasins associées à leur chiffre d'affaires	173
Fig. 3.44 - Deux filtres Nagao.....	173
Fig. 3.45 - Cartographie inverse.....	173
Fig. 3.46 - Cartographie inverse filtrée par deux filtres Nagao	173
Fig. 3.47 - Délimitation des zones vides de concurrence	174
Fig. 3.48 - Représentation des campings sur le territoire national par des points	176
Fig. 3.49 - Délimitation des zones d'implantation de campings par filtre Sobel	176
Fig. 3.50 - Numérotation des zones d'implantation de campings.....	177
Fig. 3.51 - Adresses clients associées aux fréquentations	179
Fig. 3.52 - La délimitation des zones par filtres médian et Sobel.....	179
Fig. 3.53 - Numérotation des aires de chalandise.....	180
Fig. 3.54 - Le p-médian modélisé après délimitation de la zone de chalandise et calcul des centres de gravité et fréquentations moyennes. La valeur de fréquentation au sein des aires est ici prise comme valeur de la demande aux nœuds.	182
Fig. 3.55 - L'aire 7 agrandie	183
Fig. 3.56 - L'aire 7 filtrée par un filtre médian.....	183
Fig. 3.57 - L'aire 7 délimitée par un filtre Sobel	183
Fig. 3.58 - Les éléments de l'aire 7 numérotés après délimitation.....	184
Fig. 3.59 - Le réseau p-médian correspondant à l'aire 7.....	184
Fig. 3.60 - Carte de France des densités de population en 2000	186
Fig. 3.61 - La carte traitée par un filtre médian.....	186
Fig. 3.62 - puis délinée par filtre Sobel	186
Fig. 3.63 - Les zones numérotées et analysées.....	187
Fig. 3.64- Pour 10 localisations: zones de potentiel commercial associées aux points de vente en gras	189
Fig. 3.65 - Distance moyenne à parcourir en fonction du nombre de magasins ouverts.....	190
Fig. 4.1 - Les magasins "bio" et boutiques de produits diététiques en France par département en nombre... 200	200
Fig. 4.2 - Les magasins "bio" et boutiques de produits diététiques en France par département en densités par habitant.....	201
Fig. 4.3 - Les magasins "bio" et boutiques de produits diététiques et naturels en Ile-de-France en densité par habitant.....	201
Fig. 4.4 - La devanture du magasin Espace "bio" St. Charles	204
Fig. 4.5 - Les localisations des commerces de détail "bio" à Paris et en région parisienne	205
Fig. 4.6 - Les épiceries et les supermarchés à Paris	211
Fig. 4.7 - La zone d'étude en gris foncé dans la région parisienne.....	212
Fig. 4.8 - En gris foncé, la zone d'étude de l'Ouest parisien.....	212
Fig. 4.9 - Géocodage des 10 211 clients potentiels de l'Ouest parisien.....	214
Fig. 4.10 - Nombre d'aires de la zone de chalandise par rapport au nombre de dilatations pratiquées	216
Fig. 4.11 - Nombre d'aires de la zone de chalandise > 490 pixels en fonction du nombre de dilatations	217
Fig. 4.12 - Dilatation x 6-Dilatation x 30-Dilatation x 50.....	219
Fig. 4.13 - Filtrage de points-clients par 10 dilatations.....	220
Fig. 4.14 - Filtrage de points-clients par 20 dilatations.....	221

Fig. 4.15 - Le filtrage par 20 dilatations superposée à la carte des rues et aux points-clients	223
Fig. 4.16 - Délimitation des aires constitutives de la zone de chalandise	225
Fig. 4.17 - Délimitation de la zone de chalandise selon la méthode analogique (cercle).....	226
Fig. 4.18 - Aire d'1 point client, de 9 points-clients et de 25 points-clients	228
Fig. 4.19 - Régions ne comptant que de petites aires servant au calcul de l'indice de corrélation spatiale	230
Fig. 4.20 - Numérotation et repérage du centre de gravité des aires constitutives de la zone de chalandise..	232
Fig. 4.21 - Fenêtre de saisie des paramètres de distance et de coût dans le logiciel Sitation	236
Fig. 4.22 - Cartographie de la demande associée à chaque nœud	237
Fig. 4.23 - Cartographie de tous les nœuds et des déplacements possibles pour effectuer ses achats.....	237
Fig. 5.1 - La mise en œuvre de l'algorithme flou sur le logiciel Sitation	243
Fig. 5.2 - Distance moyenne à parcourir en fonction du nombre de magasins ouverts.....	243
Fig. 5.3 - Pour 4 localisations: zones de potentiel commercial associées aux points de vente.....	246
Fig. 5.4 - Schéma d'une itération de l'algorithme génétique.....	247
Fig. 5.5 - Etapes de l'algorithme de recherche avec les localisations optimales provisoires obtenues.....	248
Fig. 5.6 - L'aire 10 (bd de Grenelle) avec les aires les plus proches	250
Fig. 5.7 - La zone d'analyse délimitée.....	251
Fig. 5.8 - Zone d'analyse analysée en termes de sous-aires.....	251
Fig. 5.9 - Superposition des points-clients et des sous-aires	251
Fig. 5.10 - Distance moyenne à parcourir en fonction du nombre de magasins ouverts dans l'aire 10.....	253
Fig. 5.11 - Pour 2 localisations: zones de potentiel commercial associées aux points de vente (<i>en gras</i>)	253
Fig. 5.12 - La sous-zone 1 du quartier Epinettes (17 ^{ème} arrondissement).....	254
Fig. 5.13 - Représentations des points de l'aire 1	255
Fig. 5.14 - Délimitation de l'aire 1	255
Fig. 5.15 - Numérotation des sous-aires de l'aire 1	255
Fig. 5.16 - Superposition des sous-aires et de la cartographie	255
Fig. 5.17 - Distance moyenne à parcourir en fonction du nombre de magasins ouverts.....	256
Fig. 5.18 - Pour 2 localisations: aires de potentiel commercial associées aux points de vente en gras.....	257
Fig. 6.1 - Le supermarché BioCoop (bd de Grenelle), le supermarché Naturalia (rue Cambronne) et notre préconisation (rue Lecourbe)	267
Fig. 6.2 - Le supermarché BioCoop (rue Legendre) et le 2 ^{ème} emplacement préconisé par notre méthode (rue Guy Môquet)	268
Fig. 6.3 - Le magasin Naturalia dans le 17 ^{ème} (rues de Levis et Poncelet) et les emplacements préconisés ..	269
Fig. 6.4 - Le point de vente Naturalia du 16 rue Levis (XVII ^{ème})	270
Fig. 6.5 - Le point de vente Naturalia du 26 rue Poncelet (XVII ^{ème})	270
Fig. 6.6 - Le magasin BioCoop-Les Nouveaux Robinsons (rue Clément) à Boulogne-Billancourt et l'emplacement préconisé (route de la Reine).....	271
Fig. 6.7 - L'emplacement préconisé dans le XVII ^{ème} , rue des Acacias.....	292
Fig. Conclusion.1- Les possibilités d'applications de la méthode selon les données à traiter	308
Fig. A.1 - Géocodage des 1732 clients potentiels de Boulogne-Billancourt.....	339
Fig. A.2 - Géocodage des 952 clients potentiels d'Issy-Les-Moulineaux.....	340
Fig. A.3 - Géocodage des 398 clients potentiels de Neuilly-sur-Seine	340
Fig. A.4 - Géocodage des 517 clients potentiels de Paris VII ^{ème}	341
Fig. A.5 - Géocodage des 3456 clients potentiels de Paris XV ^{ème}	342
Fig. A.6 - Géocodage des 1087 clients potentiels de Paris XVI ^{ème}	343

Tableaux

Tableau 3.1 - Paramètres géométriques des 12 aires de la zone de chalandise obtenus après délimitation ...	180
Tableau 3.2 - Paramètres marketing des 12 régions de la zone de chalandise obtenus après délimitation	181
Tableau 3.3 : Les caractéristiques des 43 aires de population détectées par traitement du signal.....	188
Tableau 4.1 - Caractéristiques de chaque zone	233
Tableau 4.2 - Prix au m ² par zone et quartier correspondant.....	235
Tableau 5.1 - Localisations optimales données par les algorithmes flou et de voisinage	242
Tableau 5.2 - Localisations optimales données par l'algorithme des multiplicateurs de Lagrange	245
Tableau 5.3 - Comparatif des résultats de recherche de localisations effectuée les différents algorithmes ...	249
Tableau 5.4 - Résultats d'analyse des sous-aires appartenant à l'aire 10	252
Tableau 5.5 - Localisations optimales au sein de l'aire 10	254
Tableau 5.6 - Résultats d'analyse des sous-aires appartenant à l'aire 1	256
Tableau 5.7 : Localisations optimales au sein de l'aire 1	257

Tableau 6.1 - Analyse des arrondissements et des communes appartenant à la zone étudiée	264
Tableau 6.2 - Nœuds solution avec un p-médian classique	265
Tableau 6.3 - Comparatif des résultats entre notre algorithme et l'utilisation classique du p-médian.....	265
Tableau 6.4 - les magasins "bio" de la région parisienne et leur aire de rattachement.....	266
Tableau 6.5 - Bilan des implantations des magasins "bio" dans les aires optimales	273
Tableau 6.6 - Bilan des implantations des magasins "bio" selon les aires optimales et non-optimales	277
Tableau 6.7 - Comparaison des implantations optimales et non-optimales des réseaux et de leur regroupement	280
Tableau 6.8 - Comparaison des implantations optimales et non-optimales de Naturalia avec le regroupement G20/BioCoop et stratégie de réponse de Naturalia.....	281
Tableau 6.9 - Caractéristiques des méthodes de résolution du modèle p-médian dans notre cas de figure ...	291

ANNEXES

ANNEXE A : cartes des clients géocodés par arrondissement et communes de périphérie

Fig. A.1 - Géocodage des 1732 clients potentiels de Boulogne-Billancourt



Fig. A.2 - Géocodage des 952 clients potentiels d'Issy-les-Moulineaux

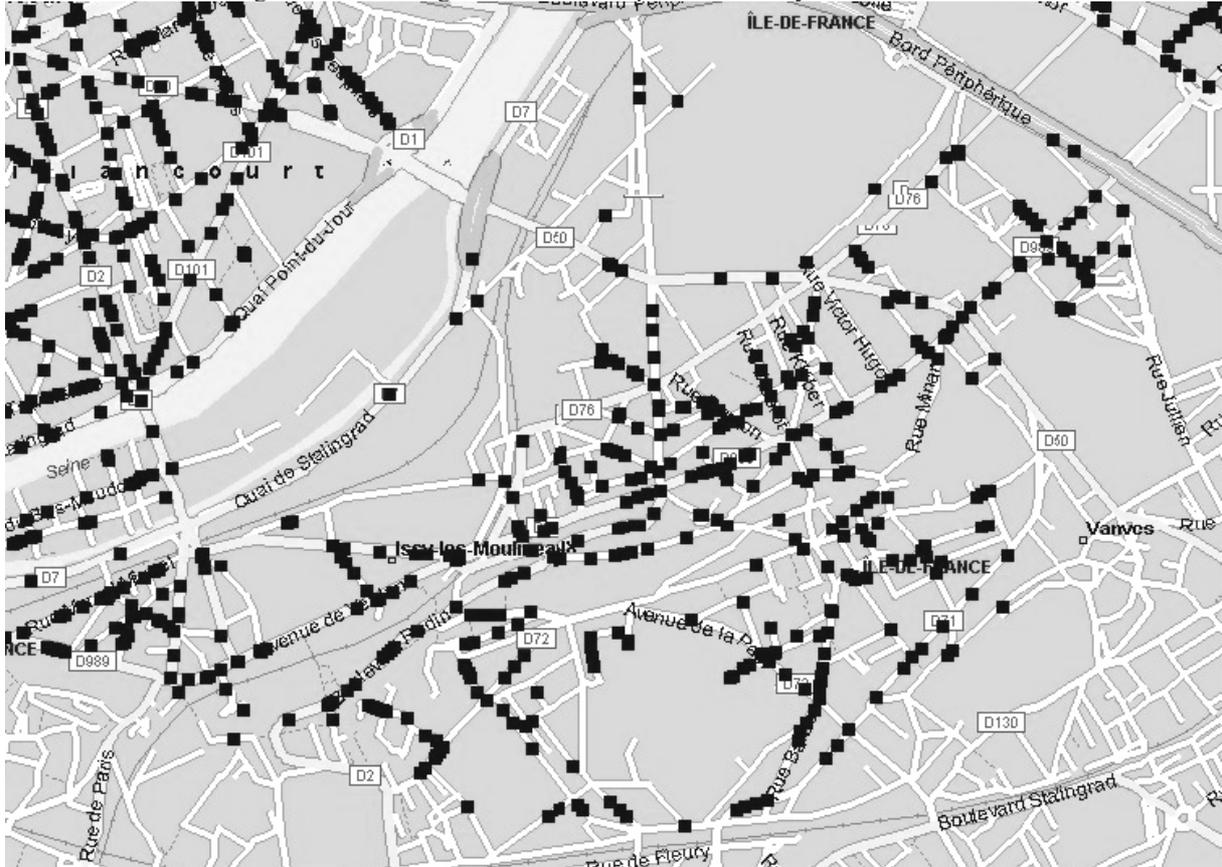


Fig. A.3 - Géocodage des 398 clients potentiels de Neuilly-sur-Seine

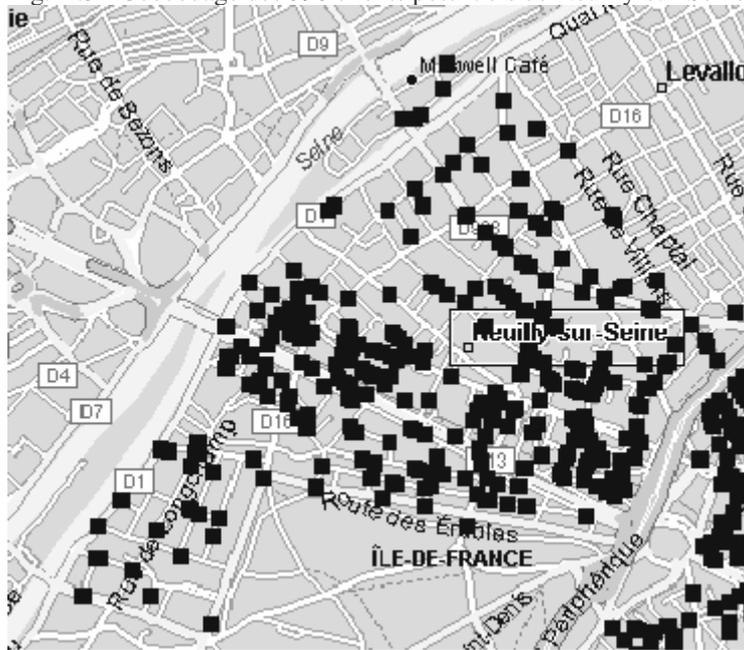


Fig. A.5 - Géocodage des 3456 clients potentiels de Paris XVème



Fig. A.6 - Géocodage des 1087 clients potentiels de Paris XVIème



ANNEXE B

REPERTOIRE FRANCAIS-ANGLAIS DES TERMES DU TRAITEMENT DU SIGNAL ET DE L'ANALYSE AUTOMATIQUE D'IMAGE

- accentuation : enhancement
des contours : edge sharpening/enhancement
du contraste : contrast enhancement
de couleurs : colo(u)r enhancement
de l'image : image enhancement
- accentuer : to enhance
- affaiblissement : fading, attenuation
- affichage : display
- affichage en couleur : colo(u)r display
de données : data display
en ligne : raster display
matriciel : raster display
tramé : raster display
vectoriel : vector display
- afficher : to display
- affine : affine
- affiner (un modèle) : to enhance, to improve
- agrandissement : enlargement, magnification, blow-up
- albedo spectral : spectral albedo
- algorithmique : algorithm
de balayage par ligne : scan line algorithm
de compression non dégradant : lossless compression
- algorithm
- alias(s)age : aliasing
- amélioration d'image : image improvement
de contours : edge enhancement
de contraste : contraste enhancement
- amincissement : thinning
- amplificateur de brillance : image intensifier
- analyse
chromatique : colo(u)r analysis
en composantes principales : principal component
- analysis
des correspondances : correspondence analysis
diachronique : multirate analysis
discriminante : discriminant analysis
factorielle : factor analysis
de formes : pattern recognition/analysis/matching
granulométrique : grain-size analysis, particle-size analysis, granulometry
de groupement : cluster analysis
harmonique : harmonic analysis
d'image (numérique) : (digital) image analysis, image parsing
de mouvement : motion analysis
multirésolution : multiresolution analysis
de séquence d'images : image sequence analysis
de texture : texture analysis
- animation : animation
- anamorphose : anamorphosis (forme), stretching (gris)
- antenne : antenna, dish (jargon)
synthétique, simulée : synthetic antenna
- anti-aliasage : antialiasing
- anticrénelage : antialiasing, dejagging
- anti-halo : anthalation, grey-back (GB), gray-back (US)
- aplatissement : flatness (courbe plane), oblateness (ellipsoïde)
- appariement : matching
de blocs : block-matching
d'images : image-matching
- apprentissage : learning
- apprentissage-reconnaissance : training
- approximation polygonale : polygonal approximation
- arborescence : tree pattern
- artefact : artifact
- arête : edge
- asynchronisme : asynchronism
- attributs : features
- autocadrage : autoscaling
- autosimilarité : self-similarity
- balayage : scanning
cavalier : directed beam scanning
circulaire : circular scanning
de trame : raster scanning
- balayeur (voir scanner) : scanner
d'image : image scanner
linéaire : line-scanner
multispectral : multispectral scanner
- bande d'absorption : absorption band
- base d'apprentissage : learning set
- base de données-image (BDI) : image data base (IDB)
- blanchiment (d'image) : lighter shading
- boîte englobante : bounding box
- brillance : brightness, brilliance, luminosity
- brouillage : blur, smearing
- bruit : noise
aléatoire : random noise
erratique : Johnson noise
de fond : background noise
furtif : stealth noise
d'image : image noise
de scintillement : flicker noise
- cadre : frame
- canevas : pattern, control
- capteur intelligent : smart sensor
- carreau : patch
- carroyage : gridding, squaring
- carte aéronautique : aeronautical chart, aviation map
- chromoplecthe : chromopleth
- couleur : colo(u)r map

d'état-major : ordnance survey map
 infographique : computer map, computerized map
 de position : location map
 thématique : thematic map
 cartographie aérienne : aerial mapping
 assistée par ordinateur : computer-aided mapping
 automatique : automatic mapping
 radar : radar imagery
 causal (plur. causals) : causal
 cellule : cell
 adjacente : connected cell, adjacent cell
 cellule 2D : pixel
 cellule 3D : voxel
 centre de cliché : fiducial center/centre
 centre de perspective : perspective center/centre
 centroïde : centroid
 chambre multibande : multiband camera
 champ : field
 markovien : Markov random field
 lointain : far field
 proche : near field
 chromaticité : chromaticity
 chrominance : chrominance
 cible : target
 manœuvrante : maneuvering target
 circularité : circularity
 clarté : brilliance
 classe spectrale : spectral class
 classification automatique : automatic cluster analysis
 dirigée : supervised classification
 non dirigée : unsupervised classification
 classification de couleurs : colo(u)r classification
 clignotement : blinking
 cliniste (ligne de plus grande pente) : steepest slope line
 (structure) clupéiforme : herringbone pattern
 codage en couleur : colo(u)r coding
 code-barre : bar code
 coefficient de rétrodiffusion : backscattering coefficient
 cohérent : coherent
 coin : wedge
 sensitométrique : step continuous wedge
 collecte : gathering
 coloriage : colo(u)r filling
 colorier : to paint
 compacité : compaction
 compactage d'image : image compression
 compensateur de mouvement d'image : image motion
 compensator
 compensation de contraste : contrast balancing
 composante
 diffuse : diffuse component
 visuelle : visual component
 composition colorée : colo(u)r composite
 compression (voir compactage)
 de données : data compression
 dégradante : lossy compression
 non dégradante : lossless compression

d'image : image compression
 par valeur-longueur : run-length algorithm
 concave : concave
 concavité : concavity
 concourant : intersecting
 configuration : pattern
 configurations contradictoires : contradictory patterns
 connexité : connectivity
 contenu moyen d'information : average information
 content, entropy
 contiguïté : contiguity
 contour : image contour, outline, edge
 contourer : to outline
 contraste : contrast, gamma
 mesure de - : contrast measurement
 moyen : average contrast
 contre-jour : back lighting
 contre-plongé : tilt-up
 convexe : convex
 faiblement - : weakly convex
 convexité : convexity
 convolution morphologique : morphological convolution
 co-occurrence : co-occurrence
 coordonnées d'image : photograph coordinates
 correction
 d'éclairement : illumination correction
 de filé : desmearing
 corrélateur d'images : image correlator
 couleur
 fausse-couleur : false colo(u)r
 réelle : true colo(u)r
 complémentaire : complementary colo(u)r
 modèle de - TSL (Teinte-Saturation-Luminance) :
 Hue-Saturation-Value model (HSV)
 primaire : primary colo(u)r
 soustractive : subtractive colo(u)r
 spectrale : spectral colo(u)r
 couloir exploré : (scan) swath
 coupage : clipping
 couper-coller : cut and paste
 couple stéréo(scopique) : stereopair
 courbure
 moyenne : mean curvature
 totale : total curvature
 couverture : surveying, coverage
 crayon optique : light pen
 critère de rejet : reject criterium
 croissance de region : region growth
 cycléament : circular feature
 débruitage : enhancement
 décimation : decimation/ resampling
 décompactage d'image : image decompression
 décomposition pyramidale : pyramidal decomposition
 découpage : clipping
 dédoublement : doubling
 défilement : scrolling
 déflouage : deblurring

déformation d'image : image distortion
dégradation
 d'image : image degradation
degré de - : degree of lossiness
dégradé (de couleurs) : dithered
dégradée (image après compression) : lossy
délignage
demi-teinte (gris par juxtaposition de noir/blanc) : halftone
densité : density
 graphique : areal density (bits/cm2 ou /pouce2)
 d'image : image density
 de maillage : grid-cell density
densitomètre : densitometer
détail marquant/remarquable : salient feature
détecter : to detect, to sense
détection
 de caractères : character detection
 de contours : edge finding/detection
 de formes : shape detection
 de frontières : boundary finding/detection
 de mouvement : motion detection
 d'obstacle : obstacle detection
 de site : site detection
déterministe : deterministic
détourage : clipping, scissoring
détramage : unframeless
diamorphose : morphing
différenciation : differentiation
diffraction : diffraction
diffusion : diffusion, scattering
 vers l'arrière : backscattering, backward scattering
diffusométrie : scatterometry
dilatation : dila(ta)tion
 géodésique : geodesic dila(ta)tion
discrimination : discrimination
discriminer : to discriminate
distorsion : distortion
 d'échelles : scale distortion, length distortion
données numériques : digital data
données de terrain : ground data
ébarbulage : clipping, trimming
éblouissement : blooming
échantillon : sample, pixel
échelle : scale
 de gris : grey scale (GB), gray scale (US), neutral scale
 mise à - : scaling
écho-fantôme : ghost (echo)
écho-mirage : angel (echo)
éclairage : illumination
écrêtage : clipping
écriture : handwriting
effet effect
 de bord : edge effect
 de scintillement : flicker effect
effet-lacet : skew effect
effet
 de bord : edge effect
 de scintillement : flicker effect
élagage (de structures) : pruning
élément
 d'image : picture element, pixel (2D), voxel (3D),
 structurant : structuring element
élimination
 des faces arrières : back plane culling
 des surfaces cachées : hidden surface
élimination/removal
ellipsoïde
 oblong/allongé : prolate ellipsoid
 aplatis : oblate ellipsoid
encadrement : framing
encadrer : to frame
ensemble flou : fuzzy set
entropie : entropy
 méthode du maximum d' : maximum entropy method
enveloppe convexe : convex hull
épaississement : thickening
éparsité : sparsity
épreuve : print, hardcopy
équidensité : equidensity
équidensitométrie : density slicing
équidistance des courbes : contour interval
équilibre de couleurs : color balance
érodé : eroded
 ensemble des - ultimes : set of ultimate eroded
érosion
 euclidienne : Euclidean erosion
 géodésique : geodesic/geodetic erosion
érosion/dilatation : erosion/dila(ta)tion
(en) escalier : staircase, step function
escalier irrégulier : jaggies
estimée : estimate
estompage : shading
étalonnage : calibration
étiquetage d'image : image labelling
étirement des contrastes : contrast stretching
excentricité : eccentricity
excursion en fréquence : frequency swing
extinction : quench
extraction : extraction, detection and tracking (?)
 de points caractéristiques : extraction of characteristic points
facettage : facetisation
fac-sim : hardcopy
facteur : factor
 d'échelle : scale factor
 de forme : form factor
 sémiologique : semiologic factor
fausse-couleur : false color
fenêtrage : windowing, scissoring
fenêtre : window, frame
 glissante : sliding window
fermeture : closing
 de contour : contour closing

morphologique : morphological closing
 fil-de-fer (modélisation/représentation) : wireframe
 file : motion blur
 filtrage : filtering
 adapté : matched filtering
 spatial : spatial filtering
 filtre : filter
 d'accentuation : emphasis filter
 à contraste : contrast filter
 atténuateur : smooth filter (passe-bas, isotrope)
 coupe-bande : band-elimination filter
 directionnel : directional filter
 en éventail : fan filter
 gradient : gradient filter (passe-haut, non isotrope)
 gris, neutre : grey filter (GB), gray filter (US), neutral density filter
 laplacien : Laplacian filter (passe-haut, isotrope)
 linéaire : linear filter
 médian : median filter (coupe-haut)
 morphologique : morphological filter
 non linéaire : nonlinear filter
 polaris(at)eur : polarizing filter
 squelette : skeleton filter
 tout pôle : allpole filter
 tout zéro : allzero filter
 flou (adj.) : blurred, hazy, not sharp, out of focus
 flou (subs.) : blur, blurriness, blooming
 artistique : soft focus
 focalisation : focusing
 foncer : to deepen, to darken
 fonctionnelle-image : image functional
 fond : background
 fond de carte : base map
 fondu enchaîné : cross fadé, fade over, dissolved image
 fractale (subs. fem.) : fractal (image)
 fractal, -ale, -als (adj.) : fractal
 frontière de cellule : cell boundary
 fusion de données : data fusion
 gamme de gris (voir coin) : step continuous wedge
 généralisation (des cartes géographiques) : generalization
 géométrie d'image : image geometry
 gradient : gradient
 graphe : graph
 granulation : speckle
 graphique : chart
 grille de coordonnées : coordinates grid
 (en) gris : grey-scale (GB), gray-scale (US)
 grisé : halftone
 grappage : clustering
 grossissement : magnification
 groupage : clustering
 hachurage : hatching
 histogramme : bar chart
 homogénéisation : homogenization, blending
 homotopie : homotopy
 icône : icon
 iconocarte : image map

identification de structure : feature extraction
 îlot de confiance : safe region, fiducial area
 image : image, picture
 en couleur composée : composite colo(u)r image
 d'écran : soft copy
 fixe : still image, still
 médiancée : slant range image
 numérique, digitale : digital image
 numérisée, digitalisée : digitized image
 de précharge : bias, offset image
 secondaire : ghost image
 de synthèse : image synthesis
 vidéo : soft copy
 imagerie : imagery / imaging
 aérienne : aerial imagery
 médicale : medical imaging
 imagerie : subimage
 imageur : imaging system/device
 incertitude : uncertainty
 incrustation : inset, overlay
 indice
 de concavité : concavity index
 de déficit : deficiency index
 de forme : shape index/factor/parameter
 infographie : computer graphics
 information : information
 à information pauvre : poorly informed
 intensificateur d'image : image intensifier
 interaction homme-machine : human computer
 interpolation
 de couleurs (improprement dit "ombrage") : dithering
 de formes : tweening
 interpoler des formes : to tween
 invariant d'image : image invariant
 (carte) isocouleur : choropleth
 isodensitomètre : density slicer
 isopérimètre : isoperimeter
 isoligne : isoline, countour (line)
 isosurface : isosurface
 isoplèthe : isopleth
 jacobien : Jacobian
 jaune-magenta-cyan (JMC ou CMJ) : cyan-magenta-yellow, CMY
 krigeage : kriging
 kurtosis : kurtosis
 lance de rayon (geophys.) : ray tracing/casting
 laplacien : Laplacian
 largeur de couloir : swath width
 legendage : annotation
 libre parcours moyen : free mean path
 lignage : (voir délignage)
 ligne
 de base : baseline
 cachée : hidden-line
 de contour : contour (line)
 de crête : crest line
 dentelée : jagged line

de partage des eaux : water divide, water parting
 de plus grande pente : steepest slope line
 des pourpres : purple boundary
 de référence : baseline
 lineament : linear feature, lineament
 lissage : smoothing
 lobe : lobe
 d'antenne : antenna lobe
 latéral : sidelobe
 principal : main/major lobe
 secondaire : secondary/minor lobe
 localisation de contours : edge localization
 maillage : mesh
 maille : grid cell
 manche a balai : joystick
 masquage : clipping, masking, shielding
 masque : mask
 matrice
 de co-occurrences : co-occurrence matrix
 spectrale : spectral matrix
 mettre à l'échelle : to scale
 mettre au point : to sharpen, to focus
 mise à l'échelle : scaling
 automatique : autoscaling
 mixage : mixing
 pondéré : taper mixing
 (en) mode point : bit map
 modèle : model
 glissant : sliding model
 moindres carrés : least-squares
 moirage : interference pattern, watered effect
 moirure : moire
 mosaïquage : mosaïcking, tessellation
 mosaïque : image mosaic
 motif : pattern
 concordance / appariement de - : pattern matching
 multicapteur : multisensor
 multi-étiquetage : multilabelling
 multigrille : multigridd
 multiéchelle : multiscale
 niveau de gris : grey level (GB), gray level (US)
 nœud de maillage : grid node
 noir et blanc (image en -) : line art mode
 noircir : to blacken
 noircissement d'image : darker shading
 noyau de convolution : convolution kernel
 nuage de points : cluster of point représentation par - :
 scatter chartplot, dot-chart
 nuance
 de couleur : hue
 de gris : shade
 nuanciation : dithering
 (objet) obombrant : shadow-casting (object)
 octant : octant
 octronc : octree
 ombrage : shading
 de Gouraud : Gouraud shading (lissage par

interpolation sur les valeurs sur ligne)
 de Phong : Phong shading (lissage des valeurs sur les
 normales à la ligne)
 ombre : shadow
 portée : cast shadow, geometric shadow
 ombrage : shading
 ondelette : wavelet
 onduteur (d'image) : image inverter
 orientation : (image) orientation
 osculateur : osculatory
 plan - : osculation plane
 papillotage : blurring
 paramètres de forme : shape parameters
 parasite : glitch
 parcelle : patch
 parsage (analyse syntaxique) : image parsing
 partitionnement : partitioning
 pas-à-pas : step-by-step
 paysagisme : landscaping
 pénombre : penumbra
 périmètre spécifique : specific perimeter
 perspective : perspective, outlook
 cavalière : cavalier perspective
 photographie multibande : multispectral photography
 photo-interprétation : photointerpretation
 photostyle : light pen
 pistage : tracking
 pivotement (d'image) : swivel
 pixel : pixel, picture element, photosite, PEL (rare)
 nombre de bits par - : pixel depth
 pixel-objet : obel
 pixel 3D : voxel
 de texture ou texel : texel
 plan de coupe : clipping plane
 planche à clous (diagramme) : bed of nails, arrow plot,
 stick plot
 planéité : flatness
 (surface) plissée : wrinkled surface
 pochage : shading, toning
 point de fuite : vanishing point
 point de vue : eye position
 polygone en nœud-papillon : bowtie polygon
 poursuite : tracking
 pouvoir de résolution : resolving power
 pouvoir séparateur : resolving power
 prétraitement (d'image) : (image) preprocessing
 produit moyen de variances : average product of
 variances
 programmathèque : program library
 projection : projection
 conique : conic proj.
 gnomonique : gnomonique proj.
 isométrique : isometric proj.
 pyramidal : pyramidal
 algorithme - : pyramidal algorithm
 représentation - : pyramidal representation
 pyramide : pyramid

octaviée : octave-spaced pyramid
 quadrillage : gridding
 quadrique : quadric surface
 quadronc : quadtree
 quantification vectorielle : vector quantization
 (en) quinconce : five-spot pattern
 raccordement : seaming
 radar : (vocabulaire à détailler)
 radiosité : radiosity
 réalité
 de terrain : ground truth
 virtuelle : virtual reality
 recadrage : cropping
 recalage : registration, matching
 de courbes : curve matching
 d'images : image reseting/registering
 reconnaissance : recognition
 de formes (RDF) : pattern recognition (PR)
 de caractères : character recognition
 de texte : text recognition
 reconstruction d'image : picture reconstruction
 redressement : straightening
 réduction (d'affichage) des couleurs : colo(u)r
 quantization, colo(u)r reduction, colo(u)r selection
 rééchantillonnage : resampling
 réflexion : reflection
 croisées : interreflections
 diffuse : diffuse reflection
 spéculaire : specular reflection
 regroupement : gathering, fusion
 relaxation : relaxation
 stochastique : stochastic relaxation
 remplissage de polygones : area filling, polygon-filling
 rendu : rendering
 des couleurs : colo(u)r rendition/rendering
 de solides : rendering of solids
 repère : system of coordinates
 orthonorme direct : direct orthonormal system
 représentation par frontières : boundary representation
 (BREP)
 résolution de l'image : image resolution
 résolution spectrale : spectral separability
 restauration d'image : image restoration
 réticule : crosshair cursor
 rétrodiffusion : backscattering
 rotationnel : curl, rotational
 rouge-vert-bleu (RVB) : red-green-blue, RGB
 rugosité : roughness
 sautellement (d'image) : jitter
 scalant : scaling
 scannage : scanning
 scanner : to scan
 scanneur : scanner
 scannogramme : scannogram
 scène : scene
 en hyperfréquence : microwave scanner
 multibande (SMB) : multispectral scanner (MSS)

naturelle : real-world scene
 scintillement : flicker
 segment élémentaire : stroke
 segment visible : visible segment
 segmentation : segmentation
 séquence : sequence
 seuillage : thresholding
 seuiller : to threshold
 silhouettage : outlining
 silhouette : silhouette
 sommet (d'un polyèdre) : vertex (plur. vertices)
 triédrique : trihedral vertex
 souris : mouse, trackball
 sous-échantillonnage : subsampling
 sous-réseau : subarray
 soustraction de bruit : noise subtraction (?), noise
 cancelling/reduction
 squelettisation : skeletonization, thinning
 statistiques : statistics
 d'ordre supérieur : higher order statistics
 sténopé : pinhole
 stéréo : (vocabulaire à détailler)
 structure : feature, structure
 suivi de ligne : tracing
 suivi de contour : edge tracing/tracking
 superposition d'images : image registration
 suppression : removal / removing
 des surfaces cachées : hidden surface removal
 suréchantillonnage : supersampling
 surexposition : over-exposure, overexposure
 surface
 gauche : patch, curved surface
 de raccord : blend surface
 réglée : ruled surface
 survol d'images : browsing
 synchronisation
 de la parole : speech synchronization
 synthèse d'images : image synthesis
 tablette graphique : graphic tablet
 tachèle : ground patch area
 tamisée (lumière) : softened light, subdued light
 tampon (de profondeur) en Z : Z-buffer
 tectec (Tel ECrit, Tel ECran) : wysiwyg (acronyme de
 ``what you see is what you get").s
 teinte : hue
 télédétection : remote sensing
 aérienne : airborne remote sensing
 spatiale : spaceborne remote sensing
 aérospatiale : airborne and spaceborne remote sensing
 temporel (adj.) : temporel, en temps
 tessellation : tessellation
 tesselle (pavé en motifs réguliers) : tessellated
 texel (élément minimal de texture) : texel
 texton : texton
 texturage : texture wrapping (plaquage d'une image 2D
 sur un objet 3D)
 texture : (image) texture

texture plane : planar texture
 enrobage/habillage de - : texture wrapping
 texturé : textured
 TFR : FFT
 Tomao (tomographie assistée par ordinateur) :
 computerized tomography
 tomographie : tomography
 TOR (transformée en ondelette rapide)
 tortuosité : tortuosity
 tracé
 de courbes de niveau : contouring
 élastique : rubber banding
 de lignes : line drawing
 de rayon : ray tracing/casting
 traceur (de courbes) : X-Y plotter
 traînée : image motion
 effet de - : drag effect
 traitement d'image numérique : digital image processing
 tramage : rasterization
 trame : raster, screen
 transformation
 en chapeau haut-de-forme : top-hat transform
 en distance : distance transform
 de Hough : Hough transform
 de Karhunen-Loève : Karhunen-Loeve transform
 en ondelettes : wavelet transform
 en tout ou rien : hit or miss transform
 valence : valence (nombre d'états significatifs distincts
 que peut prendre un signal)
 valeur de gris : greyness, grey value (GB), grayness, gray
 value (US)
 vision
 monoculaire : monocular vision
 par ordinateur : computer vision
 robotique : robot vision / computer vision
 visu (n.f.) ou visuel (n.m.) : display unit/device, monitor
 visualisation : display
 voile (de photo) : fog
 voisinage : neighbourhood
 fonction de - : function of neighbourhood
 vraisemblance : likelihood
 vue perspective : perspective view
 zonage : zoning
 zone
 d'apprentissage : learning area
 de raccord : merge zone

