

G 31

PU 351

25 JAN. 1979

1978

N° 23

BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ NEUCHÂTELOISE DE GÉOGRAPHIE

SOMMAIRE

	Pages
PORTMANN J.-P. : La géographie à Neuchâtel. Notice historique	3
BRIDEL L. : Le jeu du transporteur de voyageurs: l'exemple de la vallée de La Broye	15
COLLET C. : La diffusion du téléphone dans l'arrondissement de Lausanne entre 1883 et 1976	41
PERROUD A. : L'allométrie: théorie et application à l'agglomération zurichoise, de 1850 à 1970	63
Chronique géographique 1976	83
La Société neuchâteloise de géographie en 1977	91

NEUCHÂTEL-SUISSE 1978



LA GÉOGRAPHIE A NEUCHÂTEL

Notice historique

par J.-P. PORTMANN*

1. Introduction

Combien de Neuchâtelois, commerçants, missionnaires et mercenaires, portèrent au loin le nom de leur pays!

Dans sa *Notice sur les voyageurs et géographes neuchâtelois*, Charles Knapp (B. 1886)¹ a rappelé la mémoire de quelques-uns d'entre eux, retraçant leurs périples et signalant le titre des récits, des ouvrages qu'ils nous ont laissés.

C'est Jean-Pierre Pury (1675-1736) qui introduisit la vigne dans la région du Cap et fonda, avec des compatriotes, la ville de Purrysburg sur la Savannah, en Caroline du Sud². C'est le comte Charles-Daniel de Meuron (1738-1806)³, lieutenant-général au service de la Compagnie hollandaise des Indes, puis de S. M. britannique, et négociant tout à la fois, qui rapporta du Cap et de Ceylan des objets constituant l'amorce de nos musées⁴. Ou aussi Pierre-Frédéric Droz (1748-1835), Droz l'Américain, qui nous a livré les observations faites au cours de ses voyages en Amérique du Nord et en Orient, de 1768 à 1775⁵. D'autres encore, comme Jean-Jacques Huguenin (1777-1835) en Amérique du Nord, les Bovet de Chine⁶, les Moser père et fils⁷, ou Philippe Suchard (1797-1884)⁸ qui fit encore le tour du monde malgré ses 75 ans.

*Institut de géographie de l'Université, Coq d'Inde 10, CH-2000 Neuchâtel.

¹ *Abbreviations*: B = Bulletin de la Société neuchâteloise de géographie, Neuchâtel; FAN = Feuille d'Avis de Neuchâtel; MN = Musée neuchâtelois, Neuchâtel; SN = Bulletin de la Société des sciences naturelles de Neuchâtel ou Bulletin de la Société neuchâteloise des sciences naturelles, Neuchâtel.

² MN 1920, pp. 84-94, 119-125; Neue Zürcher Zeitung N° 284, 3-4 déc. 1977.

³ MN 1880, 1881, 1882, 1883, 1921, 1923.

⁴ « De 1787 à 1795 eut lieu la création et l'aménagement du Cabinet d'histoire naturelle du général Charles-Daniel de Meuron d'abord à Saint-Sulpice, puis à Neuchâtel » (Klauser E. in Bulletin officiel de la Ville de Neuchâtel, 2.9.1976). Le Musée d'histoire naturelle eut par la suite « son voyageur en la personne de J.J. Tschudi (1818-1889); SN. 1.3.1900; 1.11.1900; 1931, p. 11. Philippe de Rougemont (1850-1881), professeur de zoologie, récolta au cours de plusieurs voyages des animaux et des échantillons géologiques.

⁵ La Bibliothèque publique du Locle possède, paraît-il, une série de manuscrits de P. F. Droz.

⁶ MN. 1918, pp. 177-193; 1919, pp. 24-39.

⁷ Les Moser, père et fils (1805-1874, 1844-1923), une dynastie suisse de la grande aventure (Bühler Jean in Construire 28.7 & 4.8.1976).

⁸ SN. 1902, p. 503

Charles-Henry Godet (1797-1879), lui, fit un voyage scientifique au Caucase et jusqu'à la mer Caspienne. Quant à Louis-Edouard Berthoud (1828-1928), capitaine et ingénieur, il construisit près de 2000 km de chemins de fer en Amérique du Nord. Engagé dans les mines du Colorado, il fit des travaux d'exploration et découvrit le « Berthoud Pass », ce qui lui permit d'établir une voie ferrée jusqu'au Grand Lac Salé. Une ville du Colorado rappelle d'ailleurs son nom, Berthoud City.

Qu'on n'oublie pas les nombreux missionnaires, nos premiers ethnologues, qui ouvrirent les yeux de leurs concitoyens sur le monde¹. Et tous ces colons, ces diplomates, ces précepteurs et soldats² décrivant des terres nouvelles, des peuples qu'ils avaient découverts de la Bérésina à la Rivière Rouge!³

Qui rappellera un jour les informations parvenues d'outre-mer à notre petite bourgade néocomienne?

2. Les précurseurs

Au siècle dernier, plusieurs savants neuchâtelois émigrèrent dans le Nouveau-Monde où ils acquirent une notoriété digne d'être rappelée. En premier lieu Louis Agassiz (1807-1873) dont la carrière fut véritablement exceptionnelle. Ses voyages scientifiques, ses croisières d'exploration et les ouvrages qui en résultèrent firent de lui l'un des plus grands naturalistes de son siècle et un géographe émérite⁴. Citons aussi les activités multiples d'Edouard

¹ Alphonse-François Lacroix (1799-1859) aux Indes; Fritz Ramseyer (1840-1914) en Côte d'Or; Alfred Bertrand (1856-1924) au Zambèze; *Fragments d'un journal intime* (B. 1926, pp. 76-77).

² Colonel Charles-Philippe de Bosset (1773-1845), commandant de Céphalonie, puis gouverneur de Zante (MN. 1865, pp. 265-274).

Le comte Frédéric de Pourtalès-Castellane, appelé aussi Pourtalès de Greng (1779-1861), aide de camp du maréchal Berthier.

David de Montmollin (1658-1696), secrétaire d'ambassade (MN. 1950, p. 76).

Lieutenant-colonel Pierre-Henri Pettavel (1783-1834) - (MN. 1956, pp. 3-13, 51-66)

Jacques Bizard de Bevaix († 1692), gouverneur-adjoint de Montréal (FAN. 6.11.76)

Les récits fabuleux du Comte de Truguet à Constantinople ou chez le Pacha (B. 1948, pp. 55-93).

³ Aventures des colons de la Rivière Rouge, que nous pouvons nous imaginer d'après les peintures de Peter Rindisbacher (1806-1834) - (FAN. 22.7.1976, 6.11.1976) - (MN. 1896, pp. 7-12, 38-44).

⁴ La commémoration, en 1973, du centième anniversaire de la mort d'Agassiz fut l'occasion de rappeler ses nombreuses contributions à la science et à la découverte du monde. (Nouv. Mém. Soc. helv. sc. nat. 1973). A son arrivée à New York en 1846, Agassiz fut reçu par son cousin Auguste Mayor (1815-1904) qui y était établi pour affaires.

Desor (1811-1882)¹, de Léon Lesquereux (1806-1889)² et d'autres encore, moins connus^{3, 4}.

Le comte Louis-François de Pourtalès (1823-1880), jeune compagnon d'Agassiz lors des célèbres campagnes au glacier de l'Unteraar, se rendit aux Etats-Unis en 1847 et fut engagé, l'année suivante, au Coast Survey. La direction des dragages qu'il assumait lors des missions de 1866, 1867 et 1869, au large de la Floride et de Cuba, puis lors de la croisière du Hassler⁵ par le détroit de Magellan et la côte ouest de l'Amérique du Sud, en font un pionnier de l'océanographie.

Ernest Sandoz (1829-1908), établi à Princeton (New Jersey), élève de l'Institut de Gotha et cartographe distingué, fut aussi attaché au Coast Survey. Au cours de nombreuses explorations, collaborant parfois à celles de son oncle Arnold Guyot, il procéda à un grand nombre de déterminations altimétriques dans le New Hampshire, en Caroline du Nord, dans les Adirondacks et dans la région de New York (B. 1911-1912, pp. 167-168).

Deux hommes de science du siècle passé peuvent être considérés comme de vaillants et illustres géographes neuchâtelais : Frédéric DuBois de Montperreux (1798-1850) et Arnold Guyot (1807-1884).

Après quelques années passées en Courlande comme précepteur, DuBois visita la Pologne, la Podolie et la Volhynie, la Suède et le Danemark. De 1831 à 1834, il explora la Crimée, le Caucase, l'Arménie à la recherche de la route qu'avait empruntée la civilisation indo-européenne dans l'Asie antérieure, en Thrace, en Thessalie, en Hellade. Son *Voyage autour du Caucase* (1839-1843), fruit de ses recherches géologiques, archéologiques et historiques, reste fondamental pour l'étude de ces régions. Revenu à Neuchâtel, DuBois se consacra surtout à l'enseignement et à sa grande œuvre *Les antiquités de Neuchâtel* (ouvrage posthume, 1852). Le 9 novembre 1843, il prononça sa leçon

¹ Avant d'aller rejoindre Agassiz en Amérique du Nord, Desor se rendit en Scandinavie pour y observer les vestiges glaciaires, les blocs erratiques décrits par Charles Godet (1797-1879) lors de son voyage de 1833 en Suède (SN. 1837 ; 1910-1911). Desor fit aussi une excursion au Sahara (SN. 1861-1864).

Edouard Desor nous a laissé, entre autres, de nombreux carnets de notes, son journal et plus de 1500 lettres. Celles-ci, non encore dépouillées, sont déposées aux Archives de l'Etat, à Neuchâtel.

² Léon Lesquereux, en dépit de grandes difficultés, réalisa une carrière scientifique remarquable. Il fit des voyages dans plusieurs pays d'Europe puis, dès 1848, en différentes régions des Etats-Unis d'Amérique (*Lettres écrites d'Amérique*). Après avoir étudié les tourbières des hautes vallées neuchâtelaises, il fit des recherches fondamentales sur les houillères de la Pennsylvanie (SN. 1890).

³ Petermanns Geographische Mitteilungen 1870.

⁴ MN. 1890, pp. 9, 29, 61, 84, 106.

⁵ En l'honneur de F. R. Hassler (1770-1843), ingénieur-arpenteur, originaire d'Aarau, qui se rendit aux Etats-Unis en 1805 où le gouvernement le chargea, entre autres, de l'unification des poids et mesures. Il fut le premier directeur du Coast Survey.

inaugurale comme professeur d'archéologie à la 1^{re} Académie de Neuchâtel¹.

Arnold Guyot², ami d'études de Louis Agassiz à Stuttgart et à Carlsruhe, fit des observations remarquables et restées longtemps ignorées sur la structure des glaciers, à l'Unteraar en 1838 déjà; par la suite il délimita avec beaucoup de sagacité les anciens bassins glaciaires autour des Alpes. Après des années de préceptorat à Paris, il entreprit plusieurs voyages en Europe. En 1839, à l'Académie de Neuchâtel, il inaugura brillamment l'enseignement de la géographie et de l'histoire à la Faculté des lettres. Disciple de Carl Ritter (1779-1859), le fondateur de la géographie comparée³, Guyot fut particulièrement intéressé par la géographie physique comparée, considérée dans ses rapports avec l'histoire. Aux Etats-Unis, où il se rendit durant l'hiver 1848-1849, ses conférences, ses « leçons modèles » ainsi que son enseignement de géographie physique à l'Université de Princeton, de 1855 à 1884, lui valurent d'être considéré comme le rénovateur de l'enseignement de la géographie. Ses ouvrages généraux, fort originaux, dénotent des préoccupations fondamentales, existentielles⁴. Ses très nombreux voyages, ses innombrables campagnes de mensurations, de triangulations lui permirent de publier plusieurs descriptions régionales⁵. C'est à Guyot encore qu'est due l'organisation rationnelle du Service météorologique des Etats-Unis d'Amérique.

On ne saurait passer sous silence d'autres voyageurs neuchâtelois de la fin du XIX^e siècle et du début du XX^e : Charles-Auguste Philippin (1846-1904) et son séjour au Brésil, ce dont il entretint les Neuchâtelois lors de nombreuses conférences⁶.

¹ A Berlin, DuBois de Montperreux avait rencontré A. von Humboldt, L. von Buch, Carl Ritter.

Avec l'espoir qu'une Université fédérale serait établie à Zurich, F. Du Bois de Montperreux légua ses archives à l'Université de cette ville.

² Jones L. C.: *Arnold Guyot et Princeton*. Neuchâtel 1929. — —: *The Neuchâtel group and science in the United States*, New York, 1931.

³ Ritter C: *Introduction à la géographie générale comparée*. Paris 1974, Les Belles-Lettres, 1974. Cahiers de Géographie de Besançon, N° 22 (traduction de Danielle Nicolas-Obadia).

⁴ Les ouvrages généraux, à tendance philosophique, théologique, d'Arnold Guyot sont: *The earth and men. Lectures on comparative physical geography in its relation to the history of mankind* (Boston 1849; autres éditions 1867, 1890). *La Création ou la cosmogonie biblique à la lumière de la science moderne* (Lausanne 1885 - traduction). *Géographie physique comparée considérée dans ses rapports avec l'histoire de l'humanité* (Paris 1888).

⁵ Knapp signale les 11.862 mesures barométriques de Guyot aux Etats-Unis (B. 1886). Le glacier Guyot se trouve à l'ouest de Jones River; le glacier Agassiz à l'est de la même rivière, en Alaska, dans la région du glacier de Malaspina.

Guyot: type de relief des profondeurs marines, en forme de cône tronqué, dont la hauteur varie de 2000 à 3500 m.

⁶ Ch. A. Philippin fut un membre très actif de la Société neuchâteloise de géographie (B. 1896-97, pp. 152-158; SN. 1900-1901, 16 juin 1905).

Henri S. A. Delachaux (1864-1907)¹ qui fut directeur de l'École des sciences géographiques de l'Université nationale de La Plata; Samuel de Perrot-Suchard (1862-1934)², bien connu par ses études sur le lac de Neuchâtel, et qui voyagea au Labrador, au Bengale; le médecin Jules Jacot-Guillarmod (1868-1925)³ qui entreprit de nombreuses explorations, en particulier dans l'Himalaya; Auguste Dubois (1862-1923)⁴, le géologue des gorges de l'Areuse et de Cotencher, collaborateur de Louis Kurz (1854-1942) dans le massif du Mont-Blanc, et qui est aussi connu par ses voyages au Spitzberg en compagnie d'Alphonse Matthey-Dupraz (1862-1942).

Plus près de nous, les expéditions de Th. Delachaux (1879-1949)⁵, et d'Albert Monard (1886-1952)⁶ en Angola, d'Otto Fuhrmann (1871-1945)⁷ et de E. Mayor (1877-1976)⁸ en Colombie en 1910, sans oublier les missions de Jean Gabus et les nombreux voyages et explorations de C. E. Wegmann au Groenland, en Scandinavie, en Afrique et en Amérique.

Parmi les auteurs qui participèrent au développement de la science géographique en Terre neuchâteloise, il convient de citer Julien l'Eplattenier (1797-1839) qui fit paraître « en 1817 une édition nouvelle ou, pour mieux dire, un travail très nouveau du *Cours de géographie historique* du banneret Osterwald⁹. Refondue et mise à la hauteur des connaissances et des conquêtes scientifiques de l'époque, cette géographie fut longtemps le seul ouvrage de ce genre qui existât en français » (Knapp, 1886, p. 101). Quant à Charles-Godefroi de Tribolet (1752-1843), il publia une *Description topographique de la juridiction de Neuchâtel* renfermant des considérations sur la géographie, le climat, etc. (Neuchâtel, 1827). Frédéric-Constant de Rougemont (1808-1876), dont l'érudition était extraordinaire au dire de ses contemporains, fut « l'un des premiers à propager en pays de langue française les idées de l'illustre géographe

¹ B. 1908, pp. 144-145.

² SN. 1935.

³ B. 1926, p. 5; MN. 1926, pp. 51-54. En 1919, J. Jacot-Guillarmod se rendit en Sibérie pour le compte de la Croix-Rouge. Il fut correspondant de la *Gazette de Lausanne* de 1908 à 1914; de 1918 à 1920, il fut président du Comité national suisse de géographie. SN. 1925 (1926), pp. 118-121.

⁴ B. 1923, pp. 67-68.

⁵ SN. 1950, pp. 5-18.

⁶ B. 1952-1953, p. 172.

⁷ SN. 1944, pp. 148-167.

⁸ B. 1976, p. 54; SN. 1977, pp. 171-181.

⁹ Osterwald d', Frédéric-Samuel (1713-1795): *Description des montagnes et des vallées qui font partie de la principauté de Neuchâtel et de Valangin*. Neuchâtel 1764; 1766. Réédition de 1913: *Voyage en Pays de Neuchâtel au XVIII^e S.* (Introduction de A. Chapuis, A. G. Berthoud, *Invention Revue*, La Chaux-de-Fonds, 1913. Impr. Mettler-Wyss; voir aussi Robert Cl. F et Ullmann Y: *Premières lueurs sur la spéléologie*. Cavernes, 19/1, 1975, pp. 17-20.

allemand Carl Ritter, dont il avait été l'élève». Dans plusieurs manuels, F. de Rougemont a posé les fondements de la science géographique d'alors ; ainsi dans son *Précis de géographie comparée* (1831), ou dans sa *Géographie topique* (1851). De son côté, Ulysse Guinand (1809-1885) a composé des manuels fort appréciés dans les écoles. Quant à Henri Jacottet (1856-1904), il collabora au *Nouveau dictionnaire de géographie universelle* (1879-1900) de Louis Vivien de Saint-Martin et de Louis Rousselet¹.

En ce qui concerne des recherches originales, rappelons les études, relativement précoces, sur le lac de Neuchâtel et sur sa thermique et les levés cartographiques qui en résultèrent.

Les premiers à s'intéresser aux fluctuations du niveau du lac semblent bien avoir été H. A. Sandoz-Rollin (1769-1862) et Frédéric-Auguste de Montmollin père (1776-1836)². J.-F. d'Ostervald procéda à de nombreux sondages bathymétriques. Arnold Guyot et Henri de Pourtalès-Gorgier publièrent une carte du fond des lacs de Neuchâtel et de Morat accompagnée de nombreuses coupes (Mém. Soc. sc. nat. Neuchâtel, III. 1).

Les « données hydrologiques et météorologiques » de Samuel de Perrot-Suchard (1862-1934) parurent régulièrement dans le Bulletin de la Société neuchâteloise des sciences naturelles, dès la fin du siècle passé jusqu'en 1932³. Nous devons à ce même auteur des jaugeages de la Serrières (1896) et du Seyon ainsi que des sondages et profils thermométriques du lac⁴.

La météorologie et la climatologie ne furent pas négligées non plus ainsi qu'en témoignent les contributions de Laurent Garcin (1683-1752)⁵, de

¹ Henri Jacottet nous a laissé, entre autres : *Souvenirs d'Algérie* (Neuchâtel, 1881) et *Les grands fleuves* (Paris, 1887).

² « Note relative aux variations du lac de Neuchâtel pendant les années 1817-1834. » Mémoires de la Soc. des sc. nat. de Neuchâtel, 1835.

En 1892, Léon Du Pasquier rapporta sur les observations d'Edouard Sarrasin sur les seiches du lac de Neuchâtel (SN. XXI-XXIII). Albert Monard consacra un article à la profondeur des lacs à l'appui de leur origine glaciaire (SN. 1917-1918).

³ Samuel de Perrot-Suchard avait visité, jeune mousse, le Labrador et les mers de Chine. Il collabora ensuite à l'établissement de la Carte Siegfried et participa à des campagnes de triangulations en Appenzell, pour le Bureau topographique fédéral. Il travailla aussi aux Indes en tant qu'ingénieur avant d'assumer des charges importantes à la Fabrique Suchard, à Serrières.

S. de Perrot présenta, en 1924, une étude sur le vent à la Maloja (Actes de la Soc. helv. sc. nat.).

⁴ A propos d'hydrologie en général, on peut rappeler que les Commissions hydrologique et limnimétrique devinrent la Commission pour l'étude hydrologique du Jura (SN. 1897, 1903-1905).

⁵ Les observations et mesures de Garcin furent publiées dans le *Mercure Suisse*.

Frédéric Moula (1703-1782)¹, de Charles Kopp (1822-1891)² et de Samuel de Perrot-Suchard déjà cité. En 1839, se constitua un Comité de météorologie dont firent partie J. F. d'Ostervald, Arnold Guyot et Henri Ladame (1807-1870). Ce dernier fut l'auteur d'un *Cours de géographie* et de plusieurs mémoires sur des problèmes de géographie physique ; il fit des observations fondamentales sur les « causes de la transformation de la neige poudreuse en névé et en glace et théorie de la formation des glaciers » (1843) ; il énonça aussi une théorie de la formation du brouillard (Actes Soc. helv. sc. nat. 1866).

Si Adolphe Hirsch (1830-1901)³, premier directeur de l'Observatoire cantonal, déploya une activité remarquable en géodésie, il ne négligea pas pour autant la météorologie ; faisant des comparaisons entre les températures de Neuchâtel et de Chaumont, dont il détermina l'altitude, il signala l'augmentation anormale de la température avec l'altitude et constata des interversions (sic) de température durant l'hiver. Hirsch porta aussi son attention sur la formation du foehn.

3. La cartographie⁴

En ce qui concerne la cartographie du Pays de Neuchâtel, il semble bien qu'il faille citer en premier lieu Josué Perret-Gentil dit Maillard (1590/1598-1632), notaire au Locle, dont les cartes de 1631, non publiées, sont restées introuvables. Par contre, nous connaissons la *Carte de la Principauté de Neuchâtel et Valangin*, datant des environs de 1670, du R. P. Augustin Claude Bonjour, religieux de Bourgogne⁵.

¹ Les observations de F. Moula ont été consignées dans plusieurs cahiers dont l'un me fut présenté à la Bibliothèque de la Ville de Neuchâtel en 1974 (1975 ?) ; par la suite, ces documents manuscrits restèrent introuvables. Cf. SN. 1871.

Bulletin officiel de la Ville, Neuchâtel, 10.3.1977.

² N'oublions pas Charles Hisely, professeur à La Neuveville, qui communiqua à ses collègues de Neuchâtel ses propres observations météorologiques et limnimétriques.

Après le départ de Kopp pour Mulhouse en 1873, Henri Schneebeli (1849-1890) se chargea des observations limnimétriques et thermométriques jusqu'en 1879.

³ Adolphe Hirsch fut secrétaire, puis président de la Commission géodésique suisse dont les séances se tinrent à Neuchâtel, les comptes rendus étant publiés alors dans le Bulletin de la Société des sciences naturelles de Neuchâtel. Il fut aussi secrétaire perpétuel de l'Association géodésique internationale.

A. Hirsch procéda à des mesures de température dans les tunnels des Loges et du Gothard.

⁴ Voir aussi : Portmann J.-P. : Anciennes cartes et reliefs géologiques du Pays de Neuchâtel (MN. 1966, pp. 136-140).

⁵ Deux exemplaires de la carte du RP. A.-C. Bonjour existent ; l'un est conservé à Besançon, l'autre à la Bibliothèque de la Ville de Neuchâtel (B. 1892-1893).

D'après certains, le RP. Bonjour serait né au Landeron ou, tout au moins, y aurait habité. B. 1893, pp. 5-30, planche (fac-similé) ; 1895, pp. 236-238. MN. 1871, p. 72 ; 1877, p. 64 ; 1894, pp. 259-263, 286-293.

En 1694 parurent à Neuchâtel, deux œuvres de grande importance pour les sciences géographiques en général et pour notre région en particulier, dues à David-François de Merveilleux (1652-1717), maire des Brenets et, dès 1695, « Capitaine ingénieur ordinaire au Service d'Angleterre et des Etats Généraux ». La première œuvre est un traité de géographie qui s'intitule *La parfaite introduction à la géographie universelle* (1694). La seconde est la *Carte géographique de la souveraineté de Neuchâtel et Vallangin en Suisse* (1694)¹.

A Jean-Frédéric d'Ostervald (1773-1850), arrière-petit-fils du grand théologien des mêmes prénom et nom, revient le mérite d'avoir établi une bonne triangulation et des mensurations très exactes du Pays de Neuchâtel². Plusieurs ouvrages précédèrent sa *Carte de la principauté de Neuchâtel* (1806), levée de 1801 à 1806 et rééditée, avec des compléments, en 1837. Cette carte, souvent reproduite, passa pour un modèle de la nouvelle façon de présenter le relief, avec hachures et à éclairage vertical selon un procédé de l'auteur, « le plus grand des cartographes neuchâtelois ». Un des quais de Neuchâtel en rappelle le nom.

De son côté, Henri de Johannis (1797-1873), professeur de mathématiques à la première Académie, procéda entre autres à des travaux de géodésie et de nivellement.

Parmi les cartographes, citons encore le colonel fédéral Alphonse-Louis de Mandrot (1814-1883), connu par son *Cours de topographie* et pour avoir adopté le système des courbes de niveau combiné avec les teintes en couleurs³. Charles Jacot-Guillarmod (1868-1925) fut, lui aussi, un topographe remarquable, un maître du rocher⁴ ainsi que Maurice Borel (1860-1926)⁵ et Louis Kurz (1854-1942).

¹ Merveilleux, F.-D. de : *Introduction à la géographie universelle par une nouvelle méthode où l'on donne à la fin un Traité de la gnomonique pratique*. La Haye 1706, 2 vol.

² J.-F. d'Ostervald : *Tableau des hauteurs au-dessus de la mer des principaux points du Canton de Neuchâtel* (Mém. Soc. sc. nat. Neuchâtel, 1845) ; *Notice sur l'élévation du lac de Neuchâtel au-dessus de la mer* (altitude moyenne : 436 m) (*ibid.* 1835) MN. 1877, pp. 62-67, 77-82, 105-113, 125-130 ; 1895, pp. 56-59, 91-94 ; 1946, pp. 1-16, planche (bibl.).

Actes de la Soc. helv. sc. nat. 1850.

Courvoisier Jean : *Le Maréchal Berthier et sa principauté de Neuchâtel*, Neuchâtel 1959. La carte de 1837 (chez Picquet à Paris), d'un format de 48,5 × 54 cm, d'une échelle d'environ 1 : 96.000, porte, collé sur le titre original, *Carte de la République et Canton de Neuchâtel* ; levée de 1801 à 1806 et complétée en 1837.

La carte de J.-F. d'Ostervald figure in : *Essai statistique sur le canton de Neuchâtel* de H.A. Sandoz-Rollin, publié en 1818 par Orell-Füssli.

³ MN. 1895, p. 91. A.L. de Mandrot a établi aussi un *Répertoire géographique du Canton de Neuchâtel* (Neuchâtel, 1877).

⁴ B. 1923, pp. 38-60 ; 1924, pp. 45-50 ; 1926, p. 54. Ch. Jacot-Guillarmod fut l'auteur de cartes de l'Everest, de l'Olympe (B. 1925, pp. 34-35, pl.).

⁵ B. 1923, pp. 55-57. Maurice Borel exécuta toutes les cartes parues, entre 1893 et 1923, dans le Bulletin de la Société neuchâteloise de géographie, publiant aussi une quarantaine de notices bibliographiques. Pour le *Dictionnaire géographique de la Suisse*, il dessina 400 cartes et plans.

4. Enseignement de la géographie aux Académies et à l'Université

Brillamment inauguré par Arnold Guyot à l'Académie qui venait de s'ouvrir en 1840¹, l'enseignement de la géographie fut ensuite assumé par Cyprien Ayer (1825-1884). Celui-ci fit paraître plusieurs « ouvrages témoignant de patientes recherches » comme, par exemple, son *Manuel de géographie statistique* (Genève, 1861).

En 1883, Léon Metchnikoff (1838-1888) fut appelé à la suppléance de C. Ayer dans la chaire de « géographie et de statistique » qu'il occupa définitivement dès 1884². Metchnikoff, savant modeste et généreux, polyglotte remarquable, avait entrepris des études de médecine à l'Académie de médecine de Kharkov, puis à celle de Saint-Pétersbourg et ensuite aux facultés de physique-mathématiques et de philosophie de cette même ville. Après s'être adonné à la peinture à Venise et s'être enrôlé comme volontaire dans l'armée de Garibaldi, il séjourna à Genève, en 1864, puis au Japon, en 1874, où il fonda une école russe. Metchnikoff fut encore secrétaire du célèbre géographe français Elisée Reclus. A côté de ses travaux littéraires et de ses préoccupations politiques et sociales, il publia des travaux scientifiques fort remarquables comme, par exemple, *La civilisation et les grands fleuves historiques* (Paris, 1889).

C'est avec Charles Knapp (1855-1921)³ que la géographie prit véritablement ses assises en terre neuchâteloise. « Travailleur infatigable, ami franc et sincère, sans envie comme sans orgueil, Charles Knapp se dépensa sans compter pour développer sa discipline à tous les degrés de l'enseignement et dans tous les milieux. » En 1888, il succéda à Léon Metchnikoff à la II^e Académie de Neuchâtel et assumait, dès 1903, la charge de conservateur du Musée ethnographique de la ville⁴. C'est en 1915 que Knapp reprit la chaire d'« ethnographie et d'histoire des civilisations » au départ d'Arnold van Gennep (1873-1957).

¹ La I^{re} Académie, inaugurée en 1841, fut fermée en 1848 ; la II^e, ouverte en 1866, fut transformée en Université en 1909. Rappelons qu'en 1731, un premier enseignement académique avait été dispensé par l'illustre Louis Bourguet (1678-1742), surnommé le Pline neuchâtelois.

Charles Vouga (1827-1875), fils du capitaine Vouga (1795-1884), fut professeur de sciences naturelles aux Auditoires en 1851 ; il enseigna la physiologie, l'anatomie et la géographie physique. Il se voua aussi à la pisciculture à Chanéla près Boudry.

² B. 1888, p. 72 ; 1885, p. 17.

³ B. 1921, pp. 4-14 ; 1954-55, pp. 1-12. Liste des publications de Ch. Knapp : B. 1921, pp. 13-14.

Charles Knapp, fils (1903-1955), professeur de droit civil à l'Université de Neuchâtel, porta comme son père, un grand attachement à la Société neuchâteloise de géographie, dont il fut membre du comité de 1941-1955 (B. 1954-1955, pp. 136-137).

⁴ « Musée ethnographique et commercial. » B. 1888, pp. 283-285. Le Musée ethnographique fut installé dans la villa située à St-Nicolas léguée par James-Ferdinand de Pury (1823-1902), négociant au Brésil. B. 1888, pp. 283-285.

Charles Knapp fut aussi le fondateur de la *Société neuchâteloise de géographie*¹. Son *Appel* de 1884 dénote une vision très claire, prophétique, du rôle de la géographie. Avec une modestie rare et un dévouement exemplaire, Knapp assumait durant trente-six ans les responsabilités d'archiviste-bibliothécaire de la Société de géographie, s'occupant inlassablement, de 1885 à 1921, de la rédaction du *Bulletin* dès le premier fascicule². Par les relations étendues qu'il entretenait et par son enthousiasme, il donna rapidement à ce périodique une renommée internationale en s'assurant la collaboration de géographes émérites³.

A propos de l'activité déployée par Charles Knapp, signalons encore qu'en 1914, Neuchâtel fut le siège du premier *Congrès international d'ethnographie et d'anthropologie*. Des ouvrages publiés par Knapp, on ne retiendra que le fameux *Dictionnaire géographique de la Suisse*, élaboré en collaboration, entre autres, avec le géologue Hans Schardt (1858-1931). Ce monument fut édité de 1900 à 1910, sous les auspices de la Société neuchâteloise de géographie⁴.

Charles Biermann (1875-1961), titulaire de la chaire de géographie de Lausanne, assumait l'enseignement global de la géographie à la Faculté des lettres de notre Université, de 1921 à 1945. Il s'occupait avec beaucoup de compétence du *Bulletin de la Société neuchâteloise de géographie*, de 1921 à 1945⁵.

¹ La Société neuchâteloise de géographie a été fondée le 5 février 1885. Un premier comité fut élu lors de la première réunion cantonale du 16 mai 1885 au Locle; le conseiller d'Etat D^r A.L. Roulet en fut le président.

Knapp Charles: De la fondation d'une société neuchâteloise de géographie. Appel paru dans le *Jura neuchâtelois* du 11 novembre 1884, Le Locle, et reproduit par les principaux organes de la presse neuchâteloise (B. 1960, p. 3).

Neuchâtel-Commune, VI/11, 1953.

Loew F: Le soixante-quinzième anniversaire de la Société neuchâteloise de géographie (B. 1960, pp. 7-16).

² En 1887, les échanges du *Bulletin* de la Société neuchâteloise de géographie se montaient à 109 périodiques, les dons d'ouvrages à une septantaine. En 1894-1895, les échanges atteignaient 341 titres, les dons, une centaine d'ouvrages et de très nombreuses cartes topographiques et géographiques. En 1921, les échanges dépassaient les 500.

³ Elisée Reclus (1830-1905), membre honoraire de la Société neuchâteloise de géographie, remit à celle-ci en 1905, le manuscrit de sa *Géographie universelle*, manuscrit se trouvant actuellement dans les combles de l'Institut de géologie, rue Emile-Argand 11, local 55^a, à côté d'autres richesses du même genre! (B. 1905, p. 310-316).

G. S. Dunbar, professeur à l'Université de Californie à Los Angeles, s'intéresse spécialement aux manuscrits d'Elisée Reclus. Beck, H. Elisée Reclus, *Geogr. Taschenbuch* 1974-1976.

⁴ Cet ouvrage monumental de 4916 pages, 5181 vignettes et 150 planches en couleurs, comprend 34.787 articles rédigés par 16.245 collaborateurs (B. 1901, p. 183).

⁵ B. 1945, pp. 1-2; 1963, pp. 75-79.

Etudes des Lettres (II)5/3, Lausanne 1962, p. 195 (avec une liste des publications de Ch. Biermann).

A son départ, les cours de géographie furent associés à ceux d'ethnographie, confiés à Jean Gabus, conservateur du Musée d'ethnographie¹. Dès 1966, Frédéric Chiffelle assura une part grandissante de l'enseignement de la géographie pour se voir confier, en 1974, en tant que professeur ordinaire, la responsabilité du Séminaire de géographie devenu autonome². C'est le début d'une nouvelle étape que nous souhaitons florissante.

¹ Dès la retraite du professeur Biermann en 1945, un enseignement de géomorphologie fut dispensé à la Faculté des sciences, à l'Institut de géologie.

² En 1974, le Séminaire de géographie s'est installé dans un appartement, rue du Coq d'Inde 10. Il devint Institut en 1978.

5. Bibliographie succincte*

Abréviations :

B = Bulletin de la Société neuchâteloise de géographie, Neuchâtel ;
MN = Musée neuchâtelois, Neuchâtel.

BONHÔTE, J. E. Notice historique sur les cartes du canton de Neuchâtel. MN. 1894, pp. 259-263, 286-293.

BUSER, E. Table générale des années 1864-1963 du Musée neuchâtelois. Neuchâtel 1965.

GRANDJEAN B. Table générale des matières des soixante-quinze premières années 1885-1960 (du Bulletin de la Société neuchâteloise de géographie). B. LII/2, 1960.

ISCHER A. et Gagnebin S. Sciences. Le Pays de Neuchâtel. Collection publiée à l'occasion du Centenaire de la République. Neuchâtel, 1948.

JEANNERET F. A. M. et Bonhôte J.H. Biographie neuchâteloise. Neuchâtel 1863.

KNAPP, Ch. Notice sur les voyageurs et géographes neuchâtelois. B. II, 1886, pp. 65-104.

PORTMANN, J.-P. Notice historique de géologie neuchâteloise. Eclogae geol. helv. 59/1, 1966, pp. 5-19.

— Anciennes cartes et reliefs géologiques du Pays de Neuchâtel. MN. 1966, pp. 136-140.

— Deux siècles de géologie à Neuchâtel. Gesnerus (Aarau) 32/1-2, 1975, pp. 45-59.

RIVIER H. La Société neuchâteloise des sciences naturelles, 1832-1932. Notice historique publiée à l'occasion de son centenaire. Bull. Société neuch. sc. nat. 56, 1931, pp. 5-83.

STEINACH A. Geschichte und Leben der Schweizer Kolonien in den Vereinigten Staaten von Nord America. New York 1889.

TRIBOLET de M. Mouvement scientifique à Neuchâtel au 19^e siècle. Actes de la Soc. helv. sc. nat. 82, 1899, Neuchâtel 1900.

* Des nécrologies ont paru dans le *Messenger boiteux de Neuchâtel*.

Addenda

AMIEST Abraham, médecin et mathématicien des Geneveys-sur-Coffrane, *Description de la principauté de Neuchâtel et Valangin*, 1693 (Réédition in *Revue Neuchâteloise*, XXI^e année, N° 84, Neuchâtel 1978).

CHAMBRIER Samuel de, *Description topographique et économique de la Mairie de Neuchâtel*. Neuchâtel 1840.

JUNG F. P.-F.-Droz *l'Américain*. Le Locle 1952.

MANDROT Alph. *Répertoire géographique du canton de Neuchâtel*. Neuchâtel 1877.

SANDOZ-ROLLIN H. A. *Essai statistique sur le canton de Neuchâtel*. Zurich 1818 (Réédition par les Edit. Slatkine, Genève 1978).

LE JEU DU TRANSPORTEUR DE VOYAGEURS L'EXEMPLE DE LA VALLÉE DE LA BROYE

par Laurent BRIDEL¹

Ce jeu, inspiré des méthodes d'enseignement anglo-saxonnes, a pour but de montrer comment, à partir d'un jeu très simple, il est possible de retrouver quelques thèmes de géographie des transports.

1. LE JEU²

1.1. Généralités

Les joueurs peuvent se répartir en équipes ou jouer à titre individuel. Chaque partenaire représente une entreprise de transport de voyageurs, dont le véhicule essentiel est l'autobus. Ces entreprises sont en compétition dans un système national de transport réglementé par une administration des transports qui est chargé d'accorder (ou de refuser) les concessions pour toute liaison entre deux points du territoire.

Les conditions réelles ont été considérablement simplifiées puisque l'on retient, comme seul indicateur de la bonne marche d'une entreprise, le nombre moyen de personnes transportées par jour.

Une autre simplification vient du fait que l'on ne distingue que deux types de flux de transport : les transports réguliers et les courses occasionnelles. On suppose les premiers proportionnels à la population globale des localités situées aux deux extrémités du tronçon.

Le but du jeu consiste à devenir l'entrepreneur de transport le plus important de la région, en s'assurant le plus grand nombre possible de concessions adjacentes, ce qui permet de bâtir un réseau rationnel.

A la fin du jeu, le vainqueur est celui qui a pu totaliser, en courses permanentes ou occasionnelles, le plus grand nombre de voyageurs.

L'exemple qui illustre cet article concerne une partie de la vallée de la Broye, dans les cantons de Vaud et Fribourg, mais on pourrait facilement l'adapter à d'autres régions.

¹ Prof. L. Bridel, Institut de géographie, Université de Lausanne, Dorigny, CH-1015 Lausanne.

² D'après « The Bus Service Game » dans : Rex Walford « Games in Geography » Longman, London 1969, pp. 47-54. Cet exemple portait sur l'île de Wight.

1.2. Comment joue-t-on ?

Les localités ont été réparties en 5 catégories, en fonction de leur population en 1970, A: plus de 10.000 habitants, B: de 5 à 10.000 habitants, C: de 2 à 5000 habitants, D: de 500 à 2000 habitants, E: moins de 500 habitants.

Le nombre moyen de passagers par jour dans les deux sens est de :

Entre	B	C	D	E
et				
A	20	12	10	
B	18	15	10	5
C	15	10	8	5
D	10	8	5	3
E	5	5	3	2

Sur la figure 1, on a indiqué les diverses lignes que l'administration des transports compétente est habilitée à concéder. A chacune de ces lignes correspond une fiche de concession. Les joueurs jettent le dé et celui qui a obtenu le chiffre le plus élevé commence; les autres suivent à tour de rôle. Le premier joueur annonce la ligne pour laquelle il aimerait recevoir une concession. Il jette le dé. S'il obtient 1, 2, 3, 4 ou 5, il reçoit la concession et la marque sur la carte. S'il obtient 6, la concession lui est refusée. S'il a déjà des concessions, il doit se débarrasser de l'une d'entre elles, à son choix.

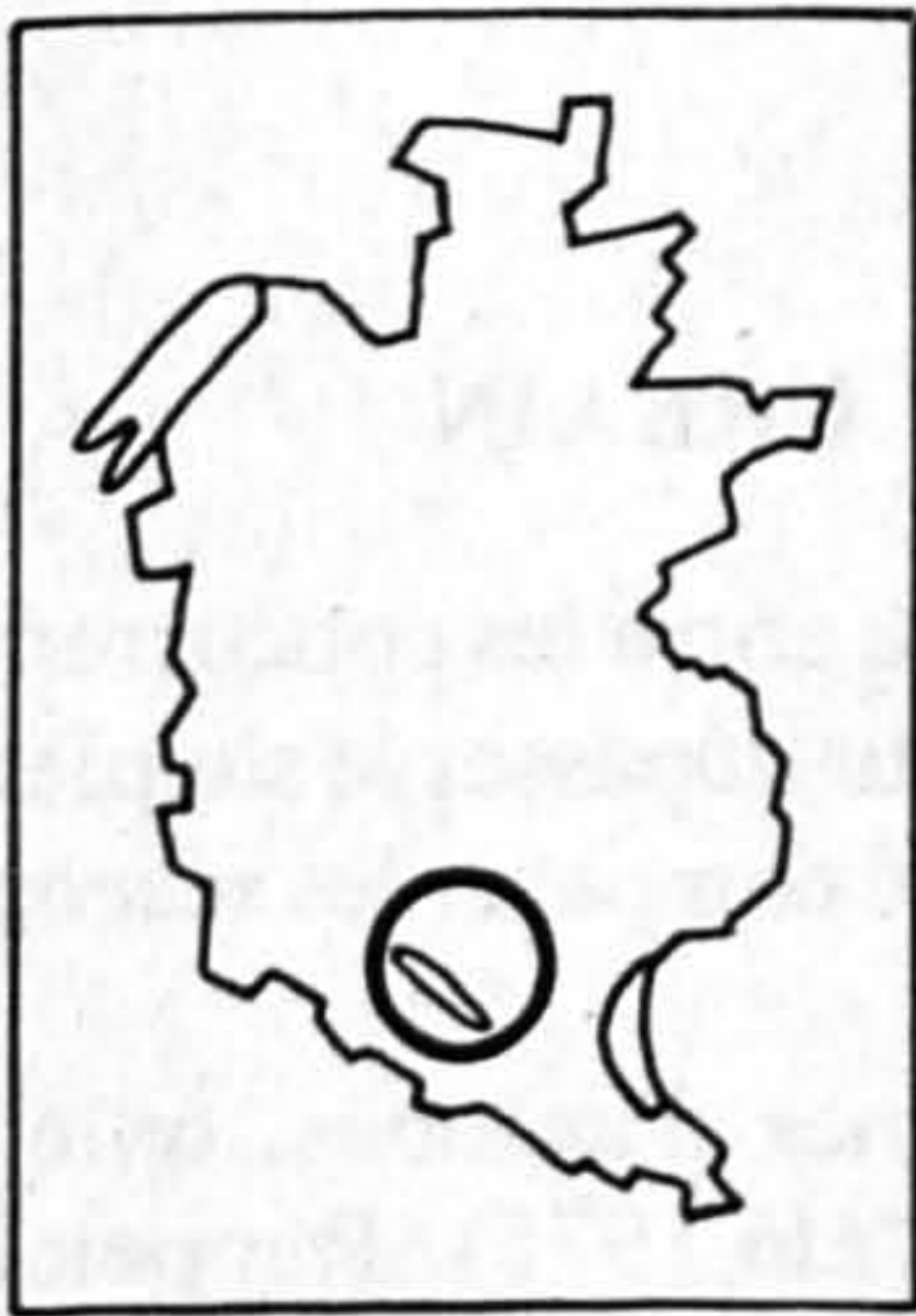
On joue ainsi chacun à son tour, jusqu'à ce que toutes les concessions aient été accordées. Ensuite, chaque joueur tire à son tour une fiche de transport occasionnel (à distinguer, par la couleur ou par un signe, de la fiche de concession), jusqu'à épuisement de la pile de fiches¹. Les joueurs peuvent échanger certaines fiches si cela leur convient. On fait ensuite les totaux de voyageurs transportés. Lorsqu'un joueur a pu obtenir deux lignes adjacentes, il peut doubler le nombre de voyageurs sur ses deux concessions; lorsqu'il a au moins trois lignes adjacentes, il peut tripler les nombres de voyageurs; lorsqu'il a réussi à bâtir un circuit, il peut quadrupler les nombres. Il peut ajouter à ces chiffres les voyageurs des courses occasionnelles à condition qu'il ait déjà la concession régulière du tronçon sur lequel ce transport occasionnel a lieu.

1.3. Règles complémentaires facultatives

Il est possible de rendre le jeu plus complexe ou de le poursuivre avec de nouvelles péripéties. Nous indiquons ici quelques règles que le meneur de jeu pourra utiliser au gré des circonstances :

¹ Voir à l'annexe 2 des exemples de fiches de transport occasionnel.

CARTE DE FOND POUR LE JEU
Région Fribourg-Morat-Yverdon



SITUATION DANS LA SUISSE

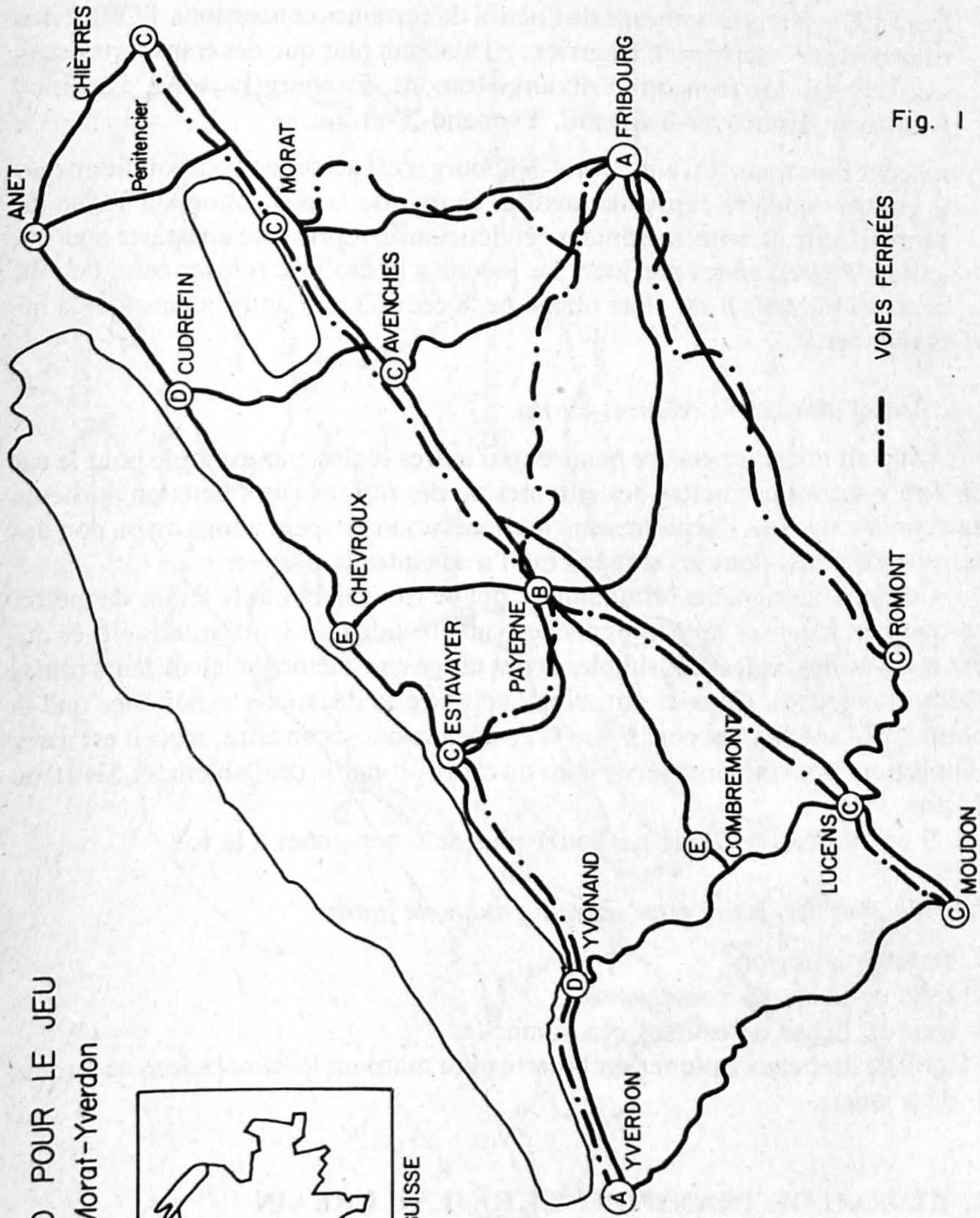


Fig. 1

- 1) Les CFF ayant pris ombrage de l'octroi de certaines concessions, l'Office des transports doit faire marche arrière ; il n'admet plus que des transports occasionnels sur les tronçons Fribourg-Romont, Fribourg-Payerne, Payerne-Estavayer, Estavayer-Yvonand, Yvonand-Yverdon.
- 2) La concession sur le trajet Morat-Fribourg n'est accordée qu'à condition que le concessionnaire reprenne aussi la charge de la navigation sur le lac de Morat. Cette activité, saisonnière et déficitaire, représente une perte équivalente à 25 personnes par jour. Le joueur a le droit de refuser cette double concession, mais il est alors obligé de la céder à tout autre joueur qui la lui demanderait.

1.4. Autres indications relatives au jeu

On peut imaginer encore beaucoup d'autres règles, par exemple pour le cas où l'on voudrait permettre des ententes ou des fusions entre deux ou plusieurs entreprises, ou dans l'hypothèse où le concessionnaire peut admettre ou non des transbordements dans les stations qu'il a atteintes le premier.

Certains enseignants britanniques, qui ne trouvaient pas le temps de mettre au point un jeu pour les petites classes, ont été aidés par leurs grands élèves qui ont imaginé des règles plus simples et ont dirigé eux-mêmes le jeu de leurs camarades plus jeunes. Ceux-ci ont mieux apprécié la deuxième expérience que la première ! Ce jeu a été conçu pour l'enseignement secondaire, mais il est assez simple pour pouvoir aussi servir dans un cadre primaire, probablement dès 10 ou 11 ans.

Il est préférable de ne pas jouer plus de 6 personnes à la fois.

1.5. Matériel nécessaire pour chaque groupe de joueurs

- 1 carte de la région
- 1 série de fiches de concessions
- 1 série de fiches de courses occasionnelles
- 1 série de drapeaux à piquer sur la carte pour marquer les concessions accordées
- 1 dé à jouer.

2. RÉSEAU DE TRANSPORT ET RÉSEAU URBAIN

Le jeu aboutit à un certain partage de l'espace entre les concurrents, fruit de leur opiniâtreté et du sort, symbolisé par le dé. Pour dépasser le simple constat du succès ou de l'insuccès de tel joueur, il convient de comparer les réseaux obtenus avec la réalité.

On consultera tout d'abord la carte des lignes d'autobus, telle qu'elle se présente aujourd'hui (figure 2, selon l'horaire d'été 1975). Rappelons que, en

LIGNES D'AUTOBUS
 Horaire été 1975

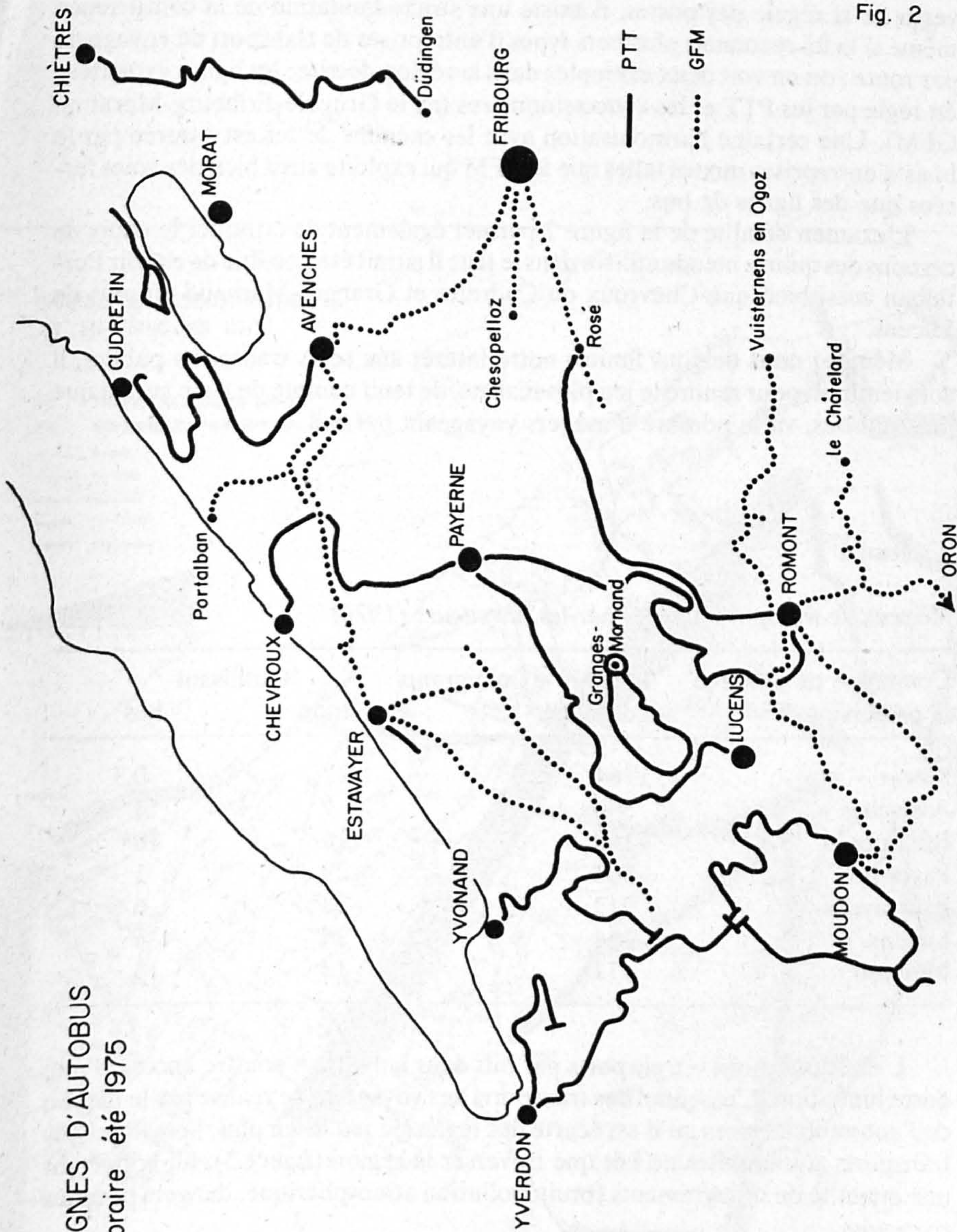


Fig. 2

vertu de la régle des postes, il existe une stricte limitation de la concurrence même si la loi reconnaît plusieurs types d'entreprises de transport de voyageurs par route ; on en voit deux exemples dans la région décrite : les lignes exploitées en régie par les PTT et les concessionnaires (ici le Gruyère-Fribourg-Morat ou GFM). Une certaine harmonisation avec les chemins de fer est assurée par le biais d'entreprises mixtes telles que le GFM qui exploite aussi bien des voies ferrées que des lignes de bus.

L'examen détaillé de la figure 2 permet également de critiquer le choix de certains des quinze nœuds utilisés dans le jeu : il aurait été possible de choisir Portalban aussi bien que Chevroux ou Cudrefin et Granges-Marnand en plus de Lucens.

Même si nous devions limiter notre intérêt aux seuls transports publics, il conviendrait, pour rendre le jeu plus réaliste, de tenir compte du train autant que de l'autobus, vu le nombre d'usagers voyageant par rail.

Tableau 1

Moyens de transports utilisés par les navetteurs (1970)

Commune où s'exerce la profession	Nombre d'immigrants quotidiens	% utilisant	
		train	bus
Morat	1164	22	0,3
Avenches	306	9	4
Fribourg	7163	16	16
Payerne	860	29	1
Estavayer	712	18	6
Lucens	264	24	6
Moudon	471	13	13

L'exemple choisi – transports par bus dans la Broye – souffre encore d'une autre limitation. L'essentiel des transports des voyageurs se réalise par le moyen de l'automobile, alors qu'il est écarté des règles du jeu. Bien plus, l'essentiel des transports automobiles ne fait que traverser la région (figure 3), lui apportant une quantité de désagréments (bruit, pollution atmosphérique, dangers pour les riverains).

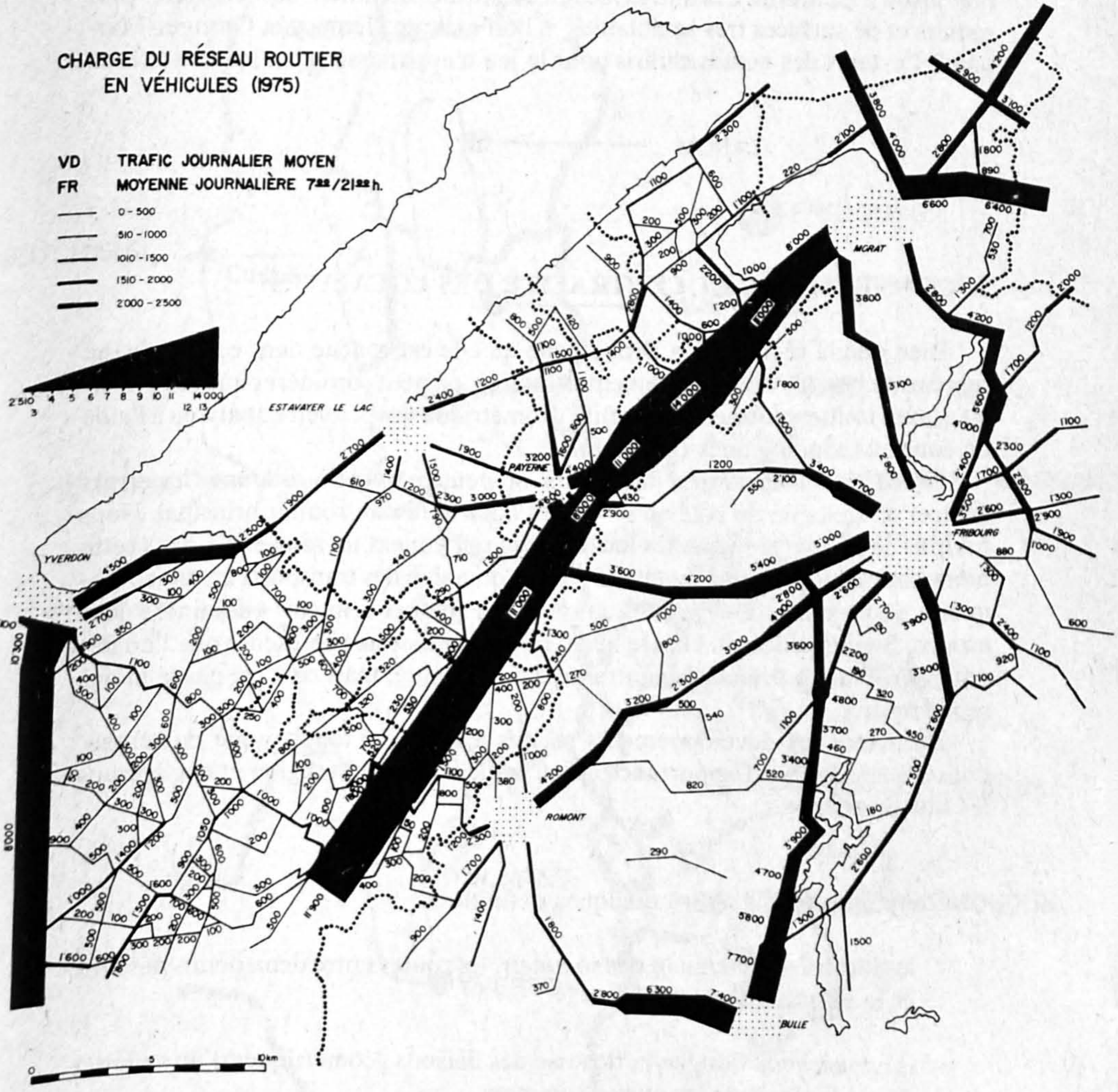
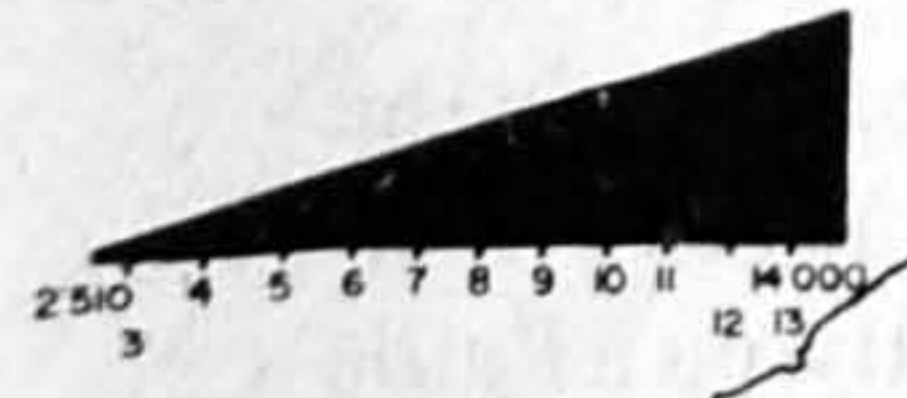
Malgré ces défauts, on découvre, à travers la compétition des joueurs pour un volume de trafic maximal, une réalité géographique essentielle : les aires polarisées autour des centres qui jouent le rôle de nœuds dans un espace de relations.

Fig 3

CHARGE DU RÉSEAU ROUTIER
EN VÉHICULES (1975)

VD TRAFIC JOURNALIER MOYEN
FR MOYENNE JOURNALIÈRE 7^h à 21^h

- 0 - 500
- 510 - 1000
- 1010 - 1500
- 1510 - 2000
- 2000 - 2500



Sur la base des données du recensement de population de 1970, nous avons établi la figure 4 des bassins de recrutement de main-d'œuvre des principales localités, selon le principe de la majorité relative; cela signifie que si la commune A envoie quotidiennement 12 personnes à Yverdon, 10 à Lausanne, 8 à Moudon et 3 à Payerne, elle sera attribuée au bassin d'Yverdon.

L'image qui en ressort témoigne de la prépondérance des villes, Fribourg et Yverdon principalement, mais aussi Neuchâtel qui exerce son pouvoir d'attraction jusqu'à Cudrefin. Les autres localités centrales dominent des territoires plus réduits et de surfaces très semblables, si l'on excepte Henniez et Granges-Marnand. Certains des nœuds choisis pour le jeu n'apparaissent pas sur cette carte.

3. CONNECTIVITÉ ET CENTRALITÉ DES LOCALITÉS

Bien que la région de la Broye, telle qu'elle est conçue dans cet article, ne représente pas une entité nettement délimitée, on peut considérer que ses principaux axes routiers forment une entité géométrique qui peut être analysée à l'aide de concepts topologiques (figure 5).

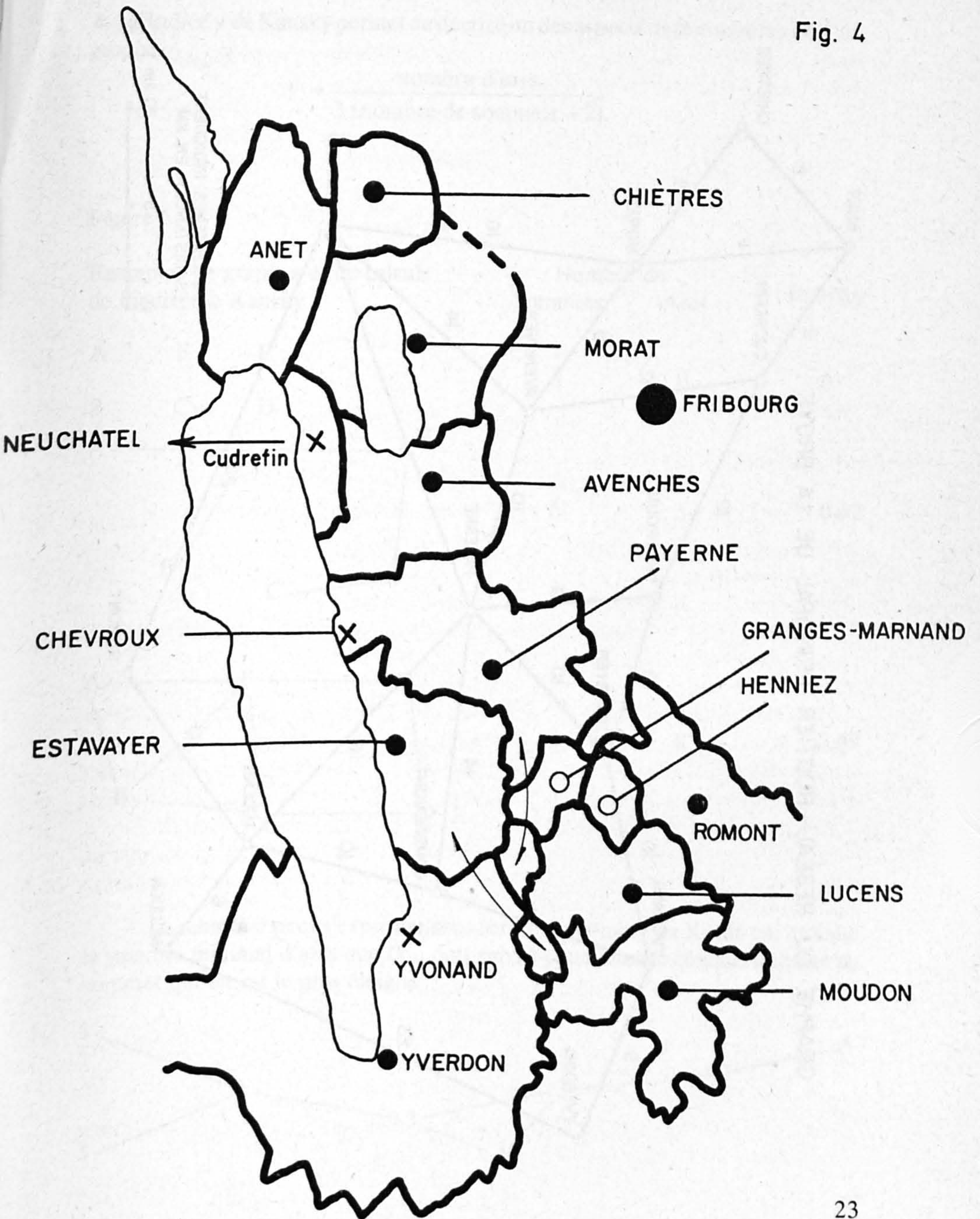
Grâce à ces instruments descriptifs, on peut chercher à ordonner les divers centres en fonction du rôle qu'ils jouent dans le réseau routier principal. Nous partons de l'hypothèse que les localités qui obtiennent un rang élevé dans cette hiérarchie disposent d'un avantage dans le domaine des transports et, par conséquent, d'une rente de situation qui peut les amener à mieux « dominer » leur espace. Bien entendu, le critère lié au réseau routier ne représente que l'un des critères servant à évaluer la centralité d'une localité, mais ce n'est pas le moins significatif.

Dans tous les développements relatifs à l'analyse topologique du réseau, nous n'accorderons d'importance qu'au trafic interne à la région et négligerons les flux en transit.

Rappelons tout d'abord quelques définitions:

- les localités deviennent des *sommets*, les routes entre deux points des *arcs* et le réseau un *graphe*.
- la *connectivité* désigne la richesse des liaisons géométriques d'un sommet d'un graphe avec les autres sommets.

Fig. 4



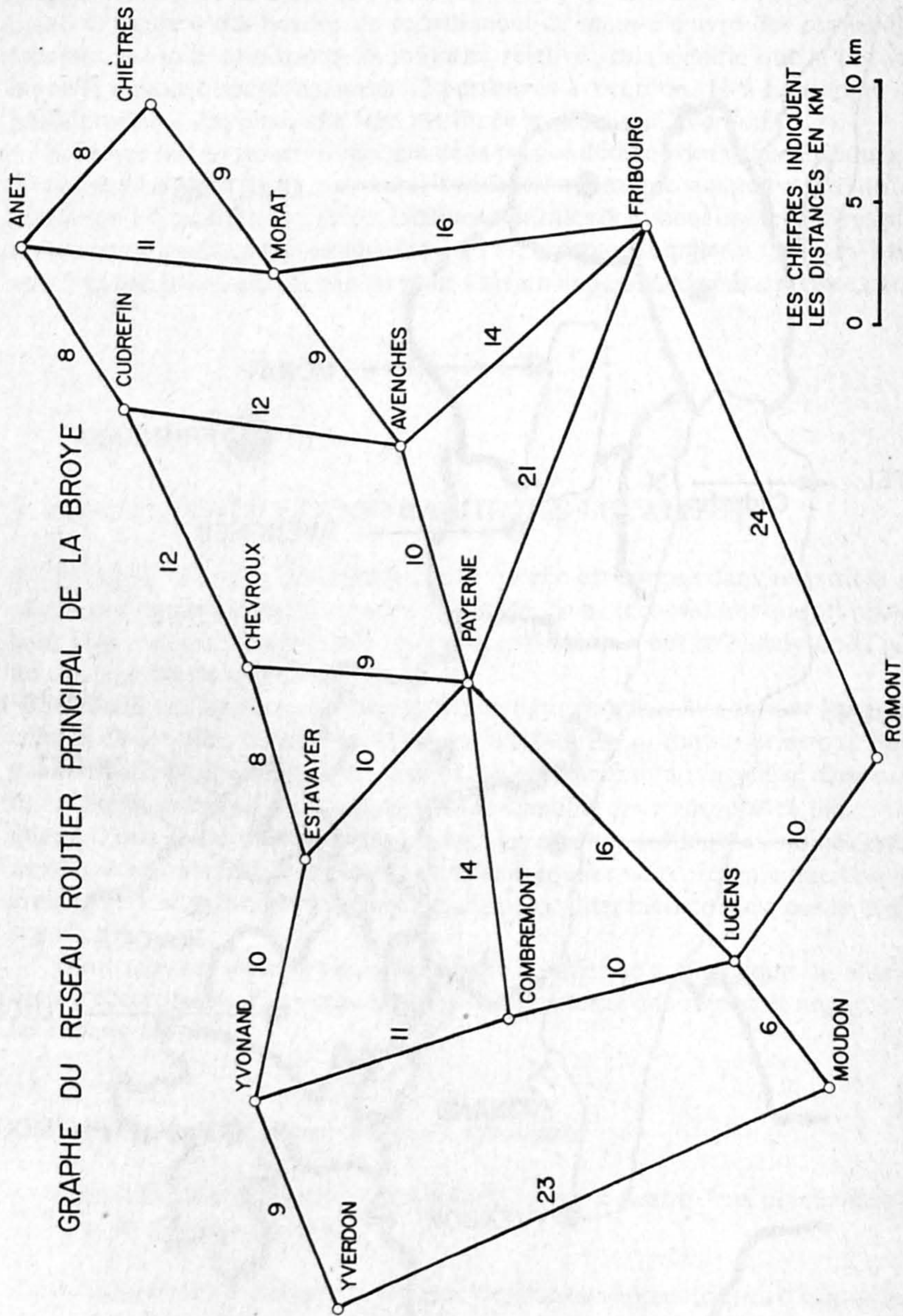


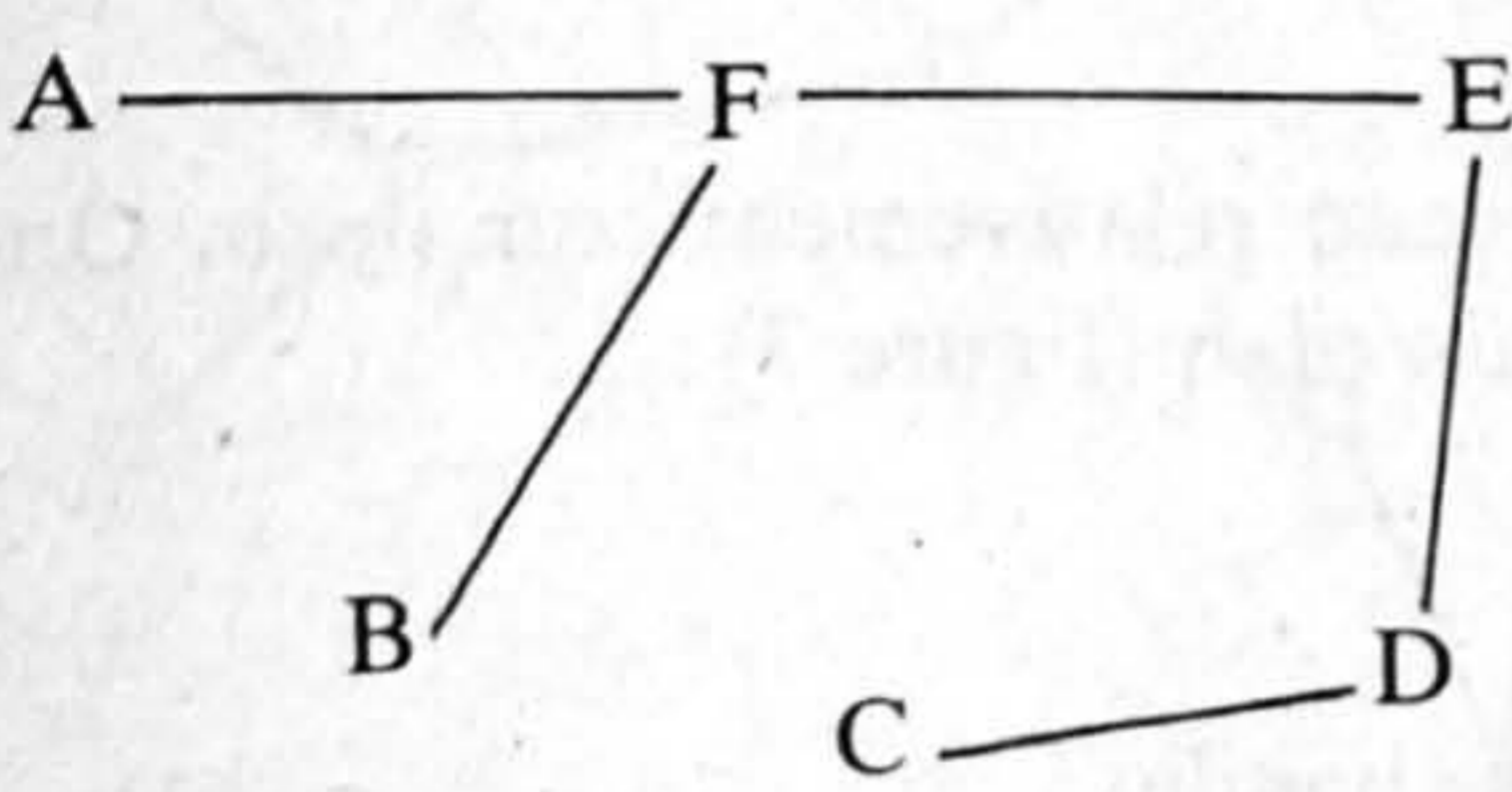
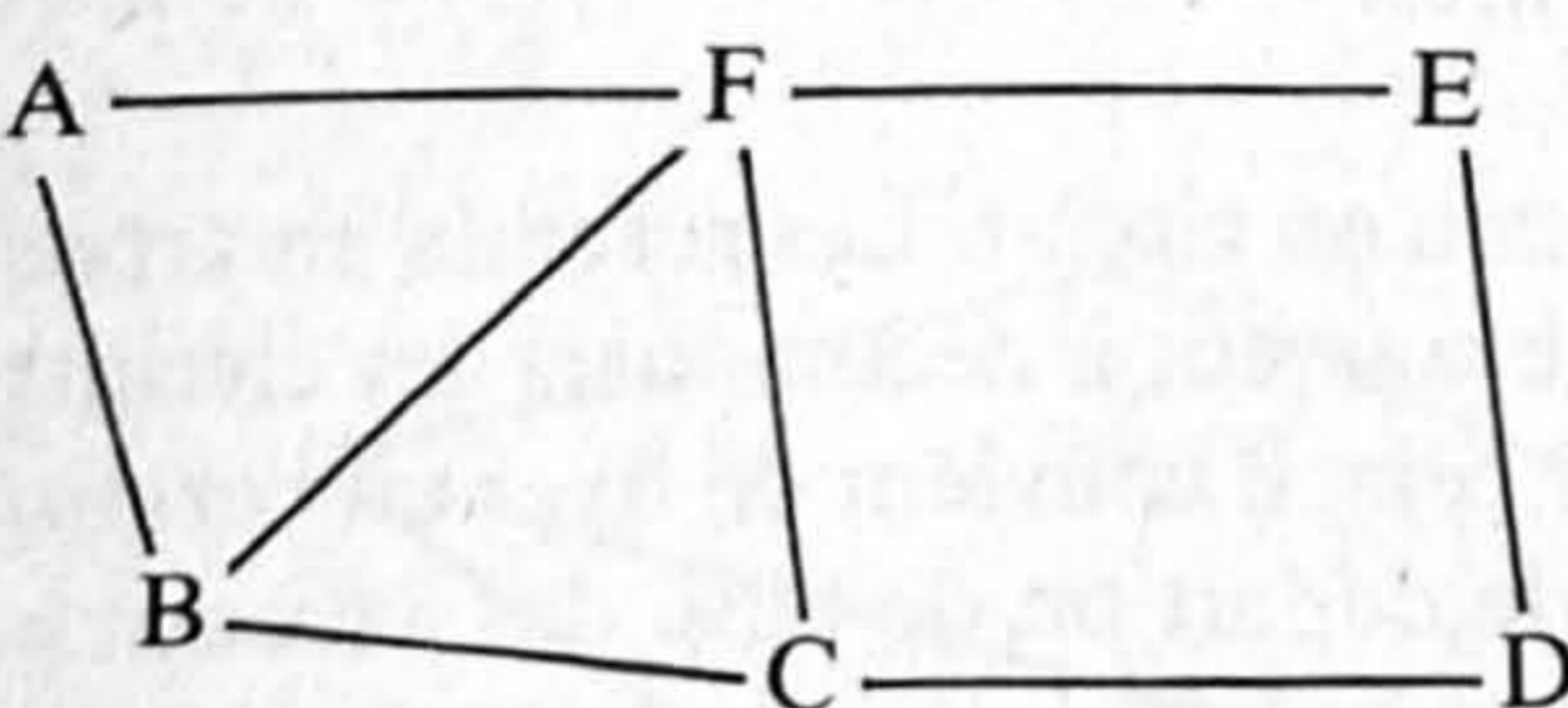
Fig. 5

L'indice γ de Kansky permet de décrire un des aspects de la connectivité d'un graphe.

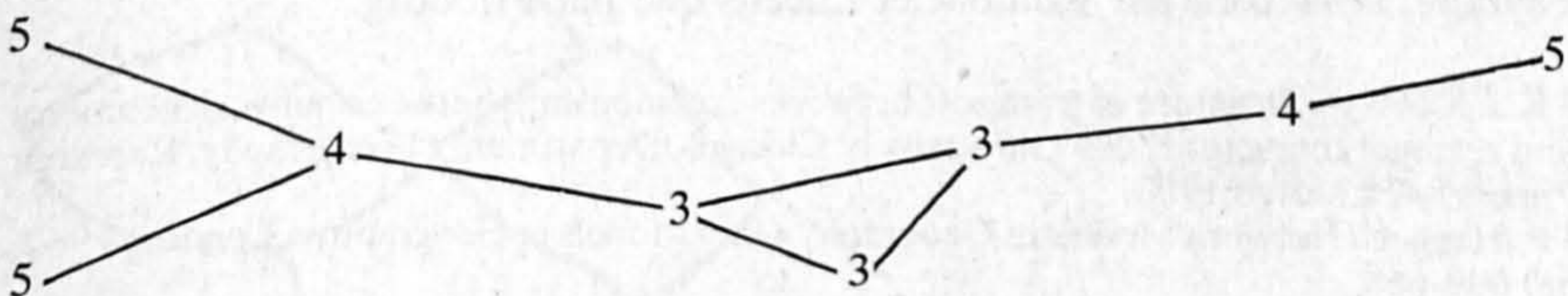
$$\gamma = \frac{\text{nombre d'arcs}}{3 (\text{nombre de sommets} - 2)}$$

Figure 6

Exemples de graphes et de calculs de l'indice de Kansky

			Nombre de Sommets	Arcs	Indice γ
A	F	E	6	0	0
B	C	D			
			6	5	0,42
			6	8	0,67

– La *centralité* peut s'exprimer sous forme du nombre de Köniz qui indique le nombre minimal d'arcs que l'on doit suivre pour joindre chaque sommet au sommet qui en est le plus éloigné.



– Le *diamètre* est le nombre d'arcs séparant les deux sommets les plus éloignés (ci-dessus le diamètre $\delta = 5$). Lorsqu'on travaille avec les distances réelles, on peut utiliser l'indice π de Kansky¹.

$$\pi = \frac{\text{kilométrage total du réseau}}{\text{diamètre exprimé en km}}$$

Dans le cas de la région de la Broye, les divers indices que nous venons de définir atteignent les valeurs suivantes :

$$\text{indice } \gamma \text{ de Kansky}^2: \frac{24}{3(15-2)} = \frac{24}{39} = 0,615$$

diamètre: 57 km

kilométrage total: 290 km

$$\text{indice } \pi \text{ de Kansky: } \frac{290}{57} = 5,09$$

Ces valeurs montrent qu'il s'agit d'un réseau relativement complexe. On peut définir quatre espèces de réseaux dans un plan (figure 7) :

- le réseau en chemin
- le réseau en arbre
- le réseau en circuit, où les arcs forment des bandes
- le réseau formé de cellules, où le trafic se déplace non plus le long des arcs mais à l'intérieur des aires délimitées par ces arcs.

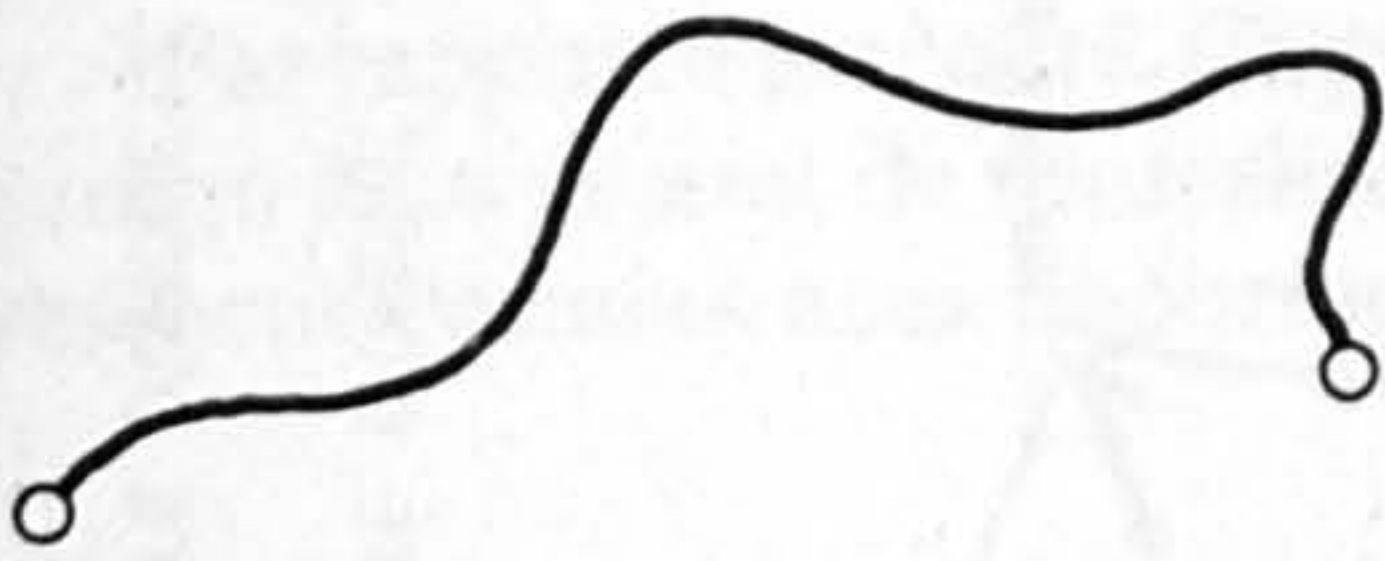
Les routes sélectionnées forment un réseau en circuit. Les réseaux en arbre étant plus commodes à analyser, on cherche souvent à décomposer les circuits pour les ramener à un réseau en arbre. Pour cela, il convient de fixer un certain nombre de centres qui serviront de points de départ ou de base des « troncs. » Une manière de déceler ces localités peut être le calcul des nombres de Köniz. Dans notre cas, on obtient des valeurs s'étageant de 3 à 6. Les deux centres qui ne dépassent pas la valeur 3 et qui sont ainsi les mieux placés sont Payerne et Chevroux. Après leur avoir attribué les tronçons de routes qui leur reviennent du fait de la proximité, il reste à briser les boucles aux points d'indifférence, c'est-à-dire aux endroits qui sont équidistants d'un centre, par deux routes différentes. Ainsi le point x (figure 8) entre Romont et Fribourg est de 35,5 km de Payerne, aussi bien par Romont et Lucens que par Fribourg.

¹ K.J. Kansky « Structure of transport networks: relationships between network geometry and regional characteristics » University of Chicago, Department of Geography, Research Papers 84, Chicago 1963.

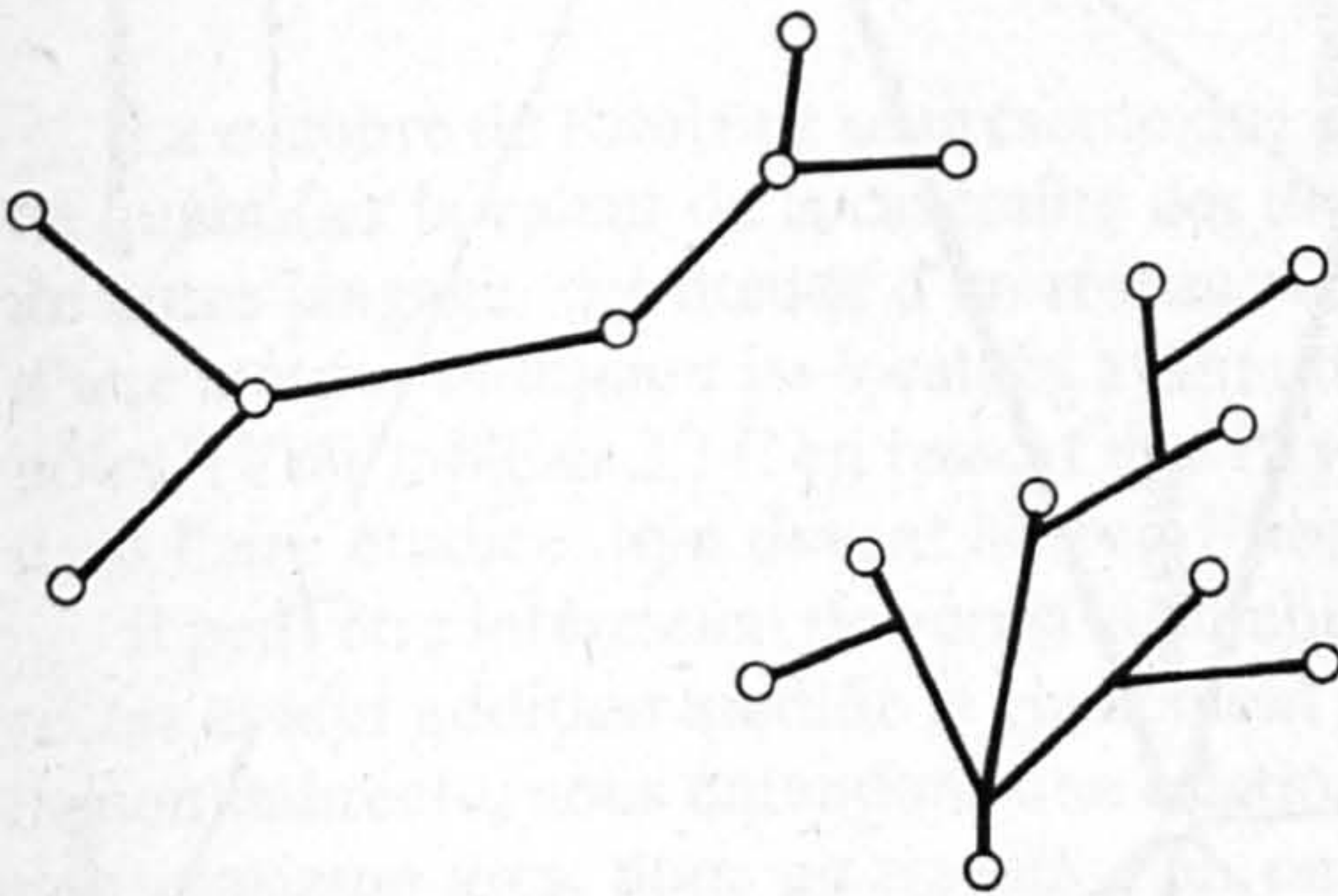
² P. Hagget « Network Models in Geography » in « Models in Geography » London, 1967, pp. 609-668.

TYPES DE RÉSEAUX

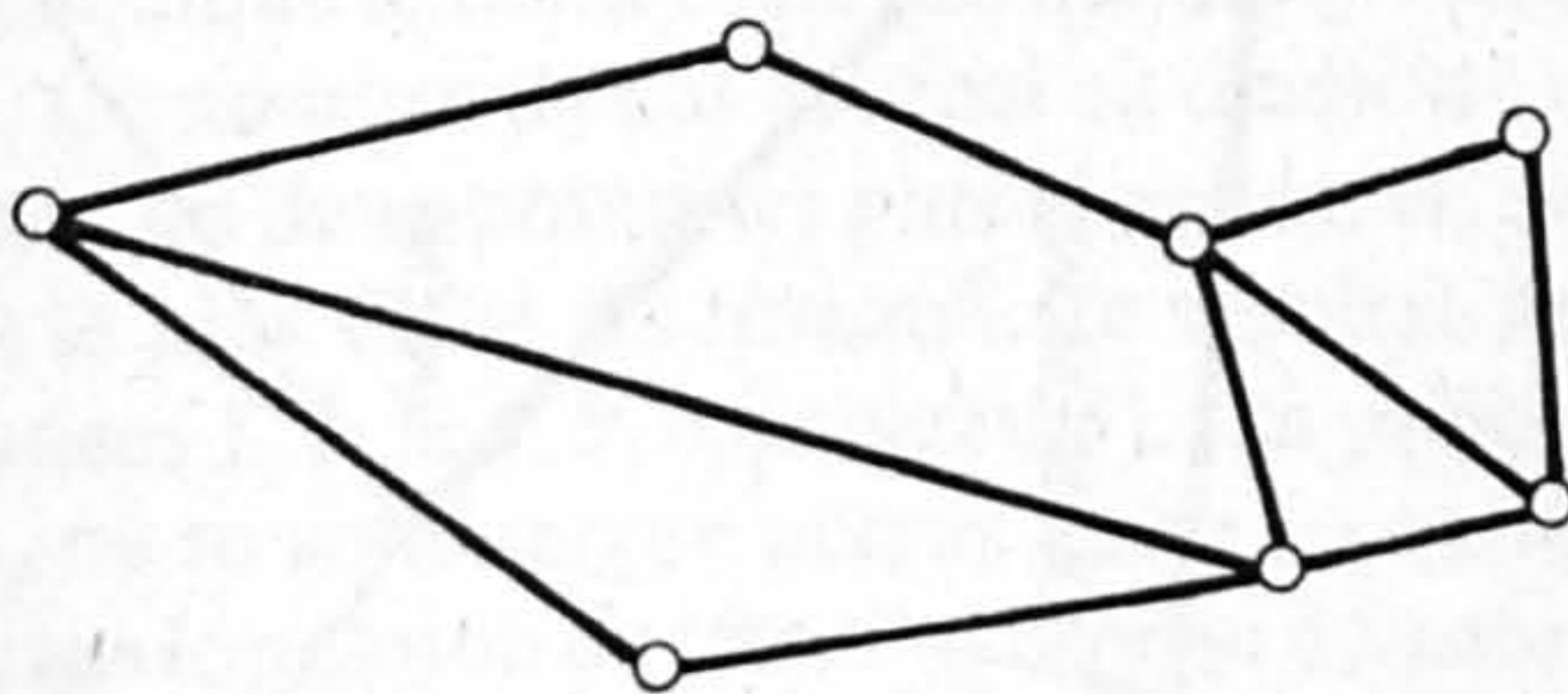
Fig. 7



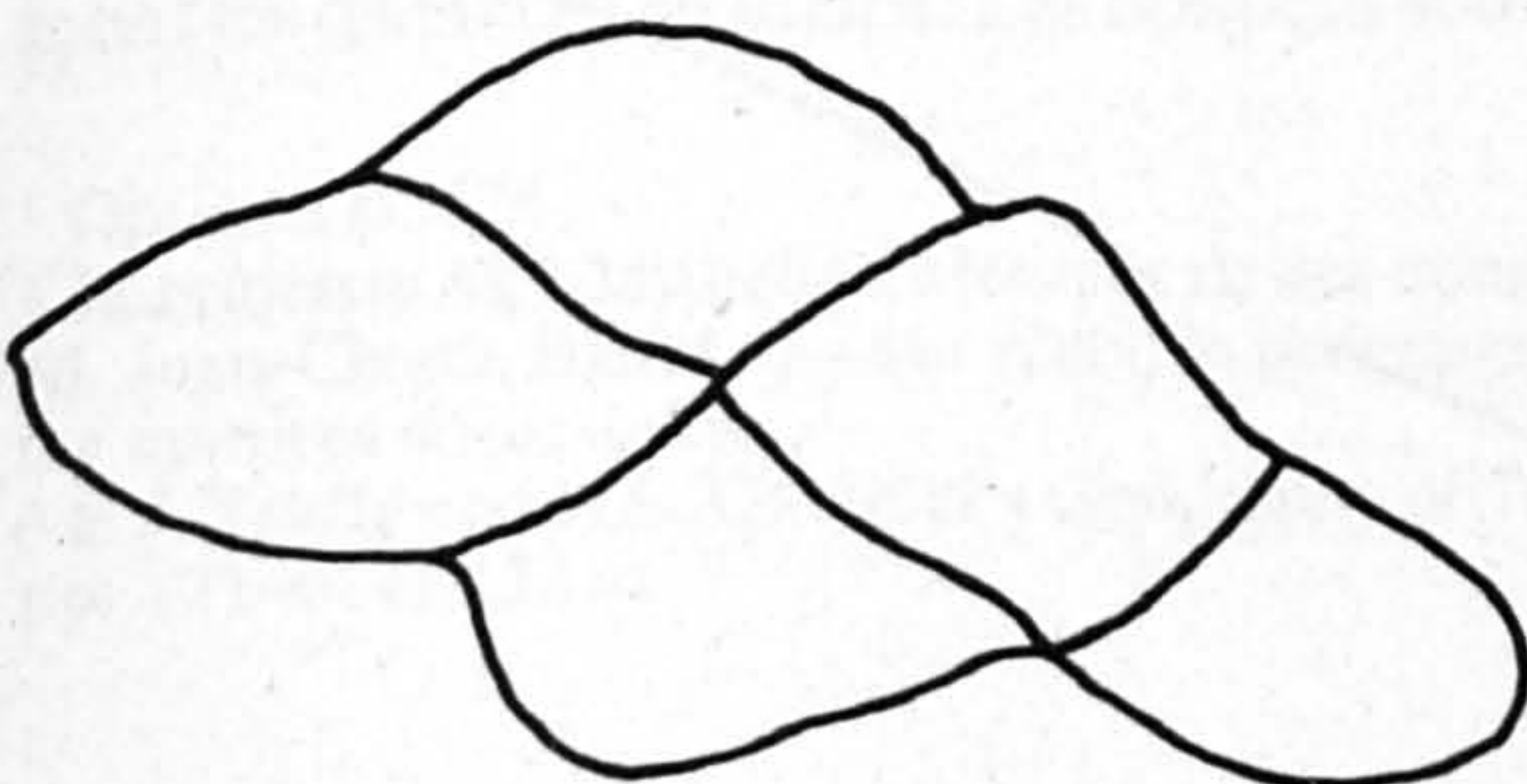
CHEMIN



ARBRES



CIRCUIT



RÉSEAU EN CELLULES

LES DEUX RÉSEAUX EN ARBRE POLARISÉS
PAR CHEVROUX ET PAYERNE

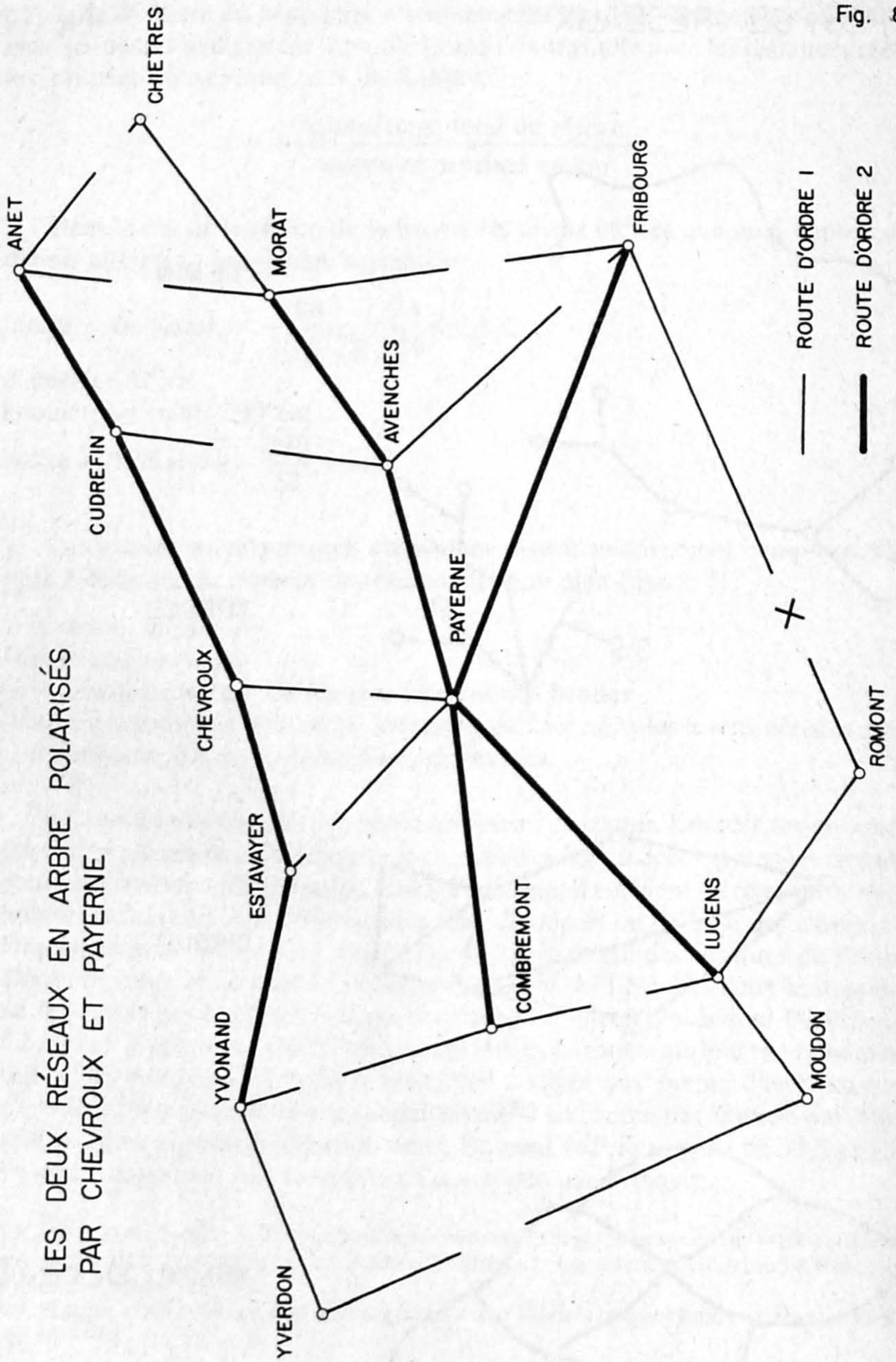


Fig. 8

Une fois que les deux réseaux en arbre centrés sur Chevroux et sur Payerne ont été ainsi définis, il devient possible d'établir une hiérarchie des routes, selon un principe très simple (ici celui de Strahler)¹ : en amont de tout confluent, pour parler en termes de réseau hydrographique, les routes sont d'ordre 1 (le niveau le plus bas), et au-delà, les routes sont d'ordre 2.

Par rapport à la réalité, Chevroux – modeste village au bord du lac – se trouve promu à un niveau de centralité excessif. Toutefois, la hiérarchie des routes fait ressortir certains axes importants de la région, mais pas tous.

4. ACCESSIBILITÉ ET PLANIFICATION DES AUTOROUTES²

Le nombre de Köniz ne se présente que comme une manière parmi d'autres de quantifier la valeur de la centralité des divers sommets d'un graphe ou, dans un autre langage, des nœuds d'un réseau routier. On peut aussi, par le moyen d'une matrice indiquant les localités ayant une relation directe, déceler le ou les pôles. (Voir tableau 2.) Il en ressort que Payerne jouit d'une situation de choix dans l'aire étudiée, loin devant Morat, Fribourg, Avenches et Lucens.

Il peut être intéressant de voir si la combinaison des liaisons directes et indirectes et leur addition modifie le classement relatif des 15 localités-nœuds ; par liaison indirecte, nous entendons une relation entre deux sommets en empruntant plusieurs arcs, donc au travers d'un ou de plusieurs autres sommets. On élève la matrice de départ à des puissances successives et on additionne ces matrices jusqu'à disparition des zéros. La puissance à laquelle la matrice a été élevée indique le nombre de pas qui ont été nécessaires pour atteindre la matrice finale. Ce nombre de pas est égal au diamètre du graphe, donc au nombre d'arcs séparant les deux points les plus éloignés, et, de même, il équivaut au nombre de Köniz le plus élevé du réseau³. Le résultat final est l'addition des matrices de puissances 1, 2, 3, 4, 5, 6 (tableau 3). On y découvre que les écarts passant de 1 : 3 à 1 : 6, 69 se sont encore accrus entre les extrêmes (Payerne et Yverdon), mais que, dans le peloton de tête, Payerne se détache moins nettement des autres localités.

Ces considérations demeurent toutefois bien théoriques. Pour tenter de cerner la réalité de plus près, nous avons pris les distances réelles, plus précisément les distances en temps. Les données sont inscrites sous forme d'une matrice.

¹ Op. cité, p. 626

² Je remercie M^{lle} Micheline Meunier de ses conseils et M. Georges Leresche, ainsi que M. Jean-Claude Baillif, qui ont établi le programme d'ordinateur permettant de calculer les matrices successives.

³ E.J. Taaffe and H.L. Gauthier « Geography of Transportation » Englewood Cliffs 1973, pp. 121 ss. et 133 ss.

On obtient ainsi non seulement la durée du trajet entre deux localités quelconques du réseau, mais encore, pour chacune d'entre elles, le temps total nécessaire pour se rendre dans toutes les autres. Le résultat représente une quantification de l'accessibilité du point de vue des transports.

Une pareille matrice permet de comparer les localités entre elles et de les ordonner. Il peut exister plusieurs distances entre deux points, tant du point de vue kilométrique (à vol d'oiseau, par route ou par rail, etc.) que du point de vue du temps. On peut, par conséquent, également comparer diverses situations d'ensemble, fondées sur des cartes isochrones. Les matrices des temps de parcours apparaissent beaucoup plus sommaires que ces cartes, mais elles offrent des possibilités de calcul et de démonstration simplifiées, impliquant toutefois un certain degré de généralisation.

Trois situations ont été retenues :

- a) Les distances-temps pour la liaison de transport public la plus rapide, selon l'horaire d'été 1975 (tableau 4).
- b) Les distances-temps en auto selon le réseau routier 1975, avec des vitesses moyennes estimées à 60 km/h sur les routes cantonales ordinaires, 50 km/h sur les routes de campagne sinueuses et 80 km/h sur l'axe Moudon-Morat (tableau 5).
- c) Les distances-temps en auto avec adjonction de l'autoroute N1 au réseau conformément à l'avant-projet officiel (tableau 6 et fig. 9).

Les phénomènes suivants ressortent de ces tableaux :

- Grâce aux trains directs, l'accessibilité des villes périphériques à la région est nettement meilleure dans la situation a) (transports publics) que dans la situation b) (auto).
- Un certain nombre de localités ont une accessibilité sensiblement meilleure dans la situation b) que dans la situation a), en particulier Chevroux et Cudrefin qui se trouvent en antennes sur le lac, et Combremont qui est représentatif de nombreux autres cas de villages hors des grands axes. Les localités périphériques (Yverdon, Fribourg ou Moudon, par exemple) reculent souvent de a) à b), mais cela provient uniquement du fait que l'on a considéré la région comme un système fermé.
- L'autoroute donne des avantages appréciables à ces mêmes localités périphériques, dans la mesure où elles se situent favorablement par rapport aux jonctions, spécialement Yverdon, mais aussi Fribourg, par son accès rapide à Avenches. Cette dernière localité se trouve soudain très bien centrée et ravit la

VITESSES MOYENNES SUR LES DIVERS TYPES DE ROUTES

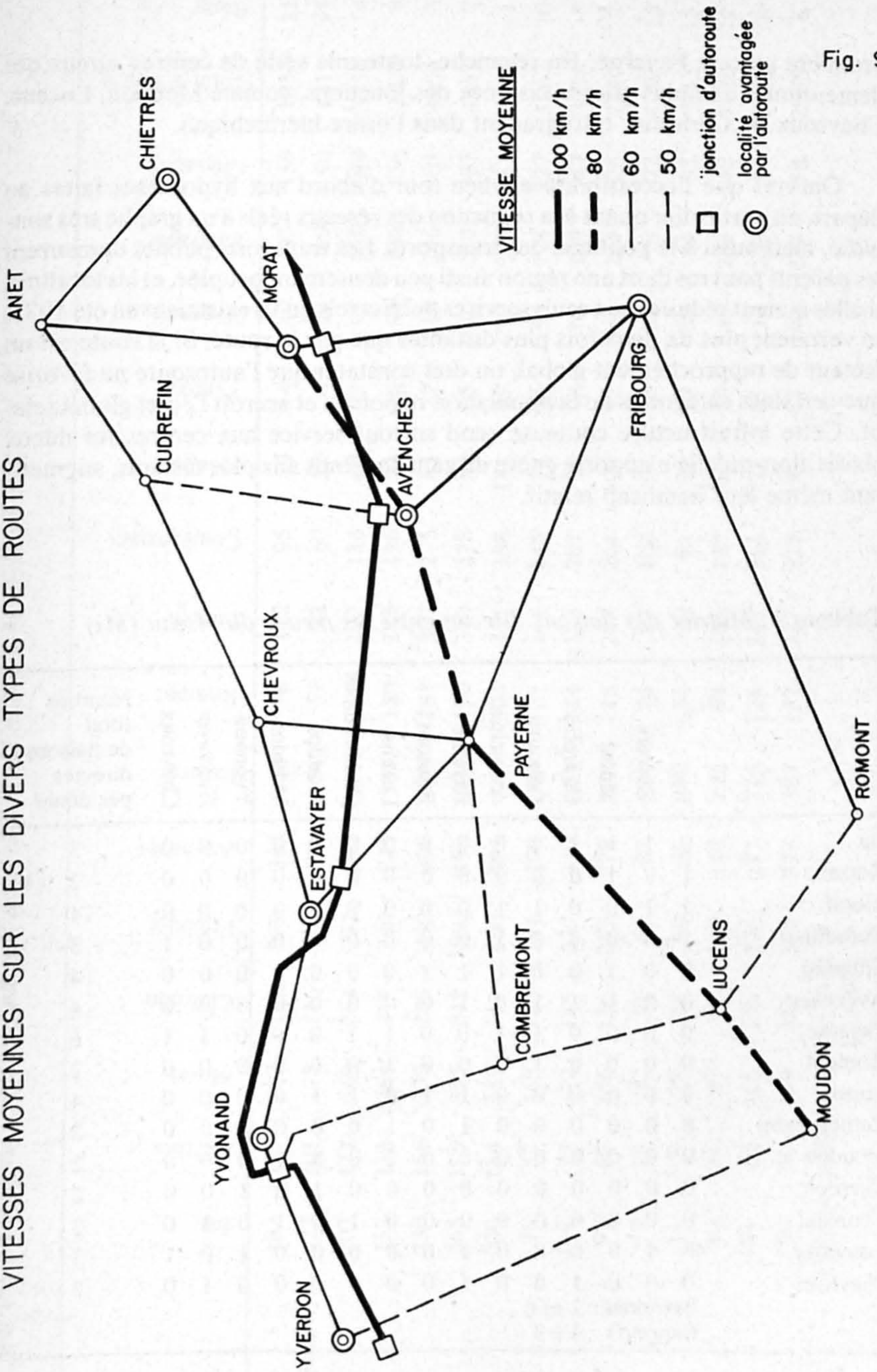


Fig. 9

première place à Payerne. En revanche, toute une série de centres ruraux qui demeurent à une plus grande distance des jonctions, comme Moudon, Lucens, Chevroux ou Cudrefin, rétrogradent dans l'ordre hiérarchique.

On voit que l'accessibilité est liée tout d'abord aux hypothèses faites au départ, en particulier quant à la réduction des réseaux réels à un graphe très simplifié, mais aussi à la politique des transports. Les transports publics demeurent les parents pauvres dans une région aussi peu densément peuplée, et les localités, si elles étaient réduites aux seuls services publics tels qu'ils existaient en été 1975, se verraient plus de deux fois plus distantes que par la route. Si la route est un facteur de rapprochement global, on doit constater que l'autoroute ne favorise que certaines catégories de la population régionale et accroît l'écart global relatif. Cette infrastructure coûteuse rend surtout service aux centres les mieux placés alors qu'elle n'apporte guère de gain de temps aux plus distants, augmentant même leur handicap relatif.

Tableau 2: *Matrice des liaisons directes entre les nœuds du réseau (M₁)*

	Ins	Kerzers	Morat	Cudrefin	Fribourg	Avenches	Payerne	Romont	Lucens	Combremont	Moudon	Yverdon	Yvonand	Estavayer	Chevroux	Nombre total de liaisons directes par nœud
Ins	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Kerzers	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Morat	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Cudrefin	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
Fribourg	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	4
Avenches	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Payerne	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	6
Romont	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
Lucens	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	4
Combremont	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	3
Moudon	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	2
Yverdon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2
Yvonand	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	3
Estavayer	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	3
Chevroux	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	3

Extrêmes: 2 et 6
Rapport: 1 à 3

Tableau 3 : Matrice des liaisons routières, indice d'accessibilité ($M + M^2 + M^3 + M^4 + M^6$)

Localités	Ins	Kerzers	Morat	Cudrefin	Fribourg	Avenches	Payerne	Romont	Lucens	Combrement	Moudon	Yverdon	Yvonand	Estavayer	Chevroux	Total = Indice	Rang
Ins/Anet	182	127	207	132	230	265	200	76	112	95	19	14	40	103	150	1952	11
Kerzers/Chiètres	127	101	172	116	168	179	154	57	73	60	13	8	24	69	90	1411	13
Morat	207	172	368	264	332	345	439	165	172	156	62	23	97	165	189	3156	4
Cudrefin	132	116	264	217	248	245	362	120	145	136	51	28	91	156	156	2467	9
Fribourg	230	168	332	248	459	460	500	181	327	275	81	72	140	276	301	4050	3
Avenches	265	179	345	245	460	499	505	190	310	278	82	65	140	277	327	4167	2
Payerne	200	154	439	362	500	505	850	304	411	388	181	99	292	375	381	5441	1
Romont	76	57	165	120	181	190	304	127	144	145	74	34	94	124	127	1962	10
Lucens	112	73	172	145	327	310	411	144	323	267	97	96	163	249	247	3136	5
Combrement	95	60	156	136	275	278	388	145	267	264	100	92	145	244	225	2870	7
Moudon	19	13	62	51	81	82	181	74	97	100	64	35	81	78	72	1090	14
Yverdon	14	8	23	28	72	65	99	34	96	92	35	49	50	85	63	813	15
Yvonand	40	24	97	91	140	140	292	94	163	145	81	50	145	134	140	1776	12
Estavayer	103	69	165	156	276	277	375	124	249	244	78	85	134	248	229	2812	8
Chevroux	150	90	189	156	301	327	381	127	247	225	72	63	140	229	258	2955	6

Valeurs extrêmes: 813 et 5441
1 à 6,69

Tableau 4: Temps de parcours entre les localités (transport public le plus rapide, selon l'horaire d'été 1975)
 - Les temps sont indiqués en minutes -

	Ins	Chiètres	Morat	Cudrefin	Fribourg	Avenches	Payerne	Romont	Lucens	Combrement	Moudon	Yverdon	Yvonand	Estavayer	Chevroux	Temps total	Rang
Ins	6	12	112	43	41	47	85*	64	121	69	35+	95+	109	140	979	10	
Chiètres		6	118	49	16	22	114**	39	96	44	41+	101	115	134	1016	11	
Morat			70	28	6	15	69	32	89	37	78	67	59	126	694	4	
Cudrefin				125	40	68	149	88	121	93	128	121	113	162	1508	15	
Fribourg					30	25	17	112	72	106	50	47	35	138	877	9	
Avenches						10	79	26	84	31	67	56	48	51	557	2	
Payerne							35	11	27	12	25	18	9	32	356	1	
Romont								78	105	35	67	56	48	117	1054	13	
Lucens									23	5	56	49	39	45	667	3	
Combrement										57	61	54	33	87	1030	12	
Moudon											61++	83++	92	49	740	5	
Yverdon												7	15	59	750	6	
Yvonand													8	52	814	8	
Estavayer														31	754	7	
Chevroux															1223	14	

Extrêmes : 356 et 1508

1 à 4,24

Tableau 5: *Temps total de déplacement entre localités par route et en été (en minutes)*

- Par mesure de simplification, on ne donne ici que les deux dernières colonnes et non plus la matrice de détail
- Il s'agit des déplacements le long des routes sélectionnées du réseau-type

Localités	Temps total de déplacement à partir de toutes les autres localités	Rang
Ins/Anet	403	11
Kerzers/Chiètres	428	13
Morat/Murten	332	6
Cudrefin	368	8
Fribourg	416	12
Avenches	276	2
Payerne	251	1
Romont	459	14
Lucens	323	5
Combremont	369	9
Moudon	377	10
Yverdon	463	15
Yvonand	358	7
Estavayer	308	4
Chevroux	298	3
Extrêmes: 250 et 463 1 à 1,85		

Tableau 6: Temps total de déplacement entre les localités dans l'hypothèse de la réalisation d'une autoroute Yverdon-Chiètres
 Changements dans le classement des localités

Localités	Temps total de déplacement à partir de toutes les autres localités (en minutes)	Rang (facilité d'accès globale)		
		par route avec autoroute	par route sans autoroute	par transport public
Ins/Anet	372	13	11	10
Kerzers/Chiètres	369	11	13	11
Morat/Murten	277	4	6	4
Cudrefin	357	10	8	15
Fribourg	355	9	12	9
Avenches	205	1	2	2
Payerne	237	2	1	1
Romont	457	15	14	13
Lucens	320	7	5	3
Combremont	383	14	9	12
Moudon	370	12	10	5
Yverdon	340	8	15	6
Yvonand	295	6	7	8
Estavayer	242	3	4	7
Chevroux	285	5	3	14
<i>Extrêmes</i>				
valeurs absolues		205/457	250/463	356/1508
valeurs relatives		1/2,23	1/1,85	1/4,24

Conclusion

Pour le géographe comme pour le spécialiste des transports, l'infrastructure apparaît comme le facteur qui marque l'espace et la circulation, qu'il s'agisse de la route, de la voie ferrée, du canal ou de l'aérodrome. L'organisation des entreprises, le dessin des lignes et des réseaux, même sous forme de concessions, sont plus éphémères. Par conséquent, les conflits et les polémiques qui jalonnent l'histoire de la construction de toutes les voies de circulation correspondent à des décisions lourdes de conséquences. Les gains en minutes mentionnés tout à l'heure à propos d'Avenches et de Payerne demeurent très faibles en valeur absolue. Toutefois, ils traduisent bien le jeu des forces géographiques au travers d'affrontements souvent répétés.

L'échelle choisie ne permet pas de saisir dans son vaste complexe spatial le problème des liaisons entre le bassin lémanique et le centre du Moyen-Pays suisse ; ce problème a suscité, en 100 ans, deux graves disputes, la première à l'époque des chemins de fer et la seconde au moment de l'établissement du réseau des autoroutes. Dans les deux cas, la vallée de la Broye a paru, de prime abord, comme le meilleur axe. Finalement, du fait de la faiblesse politique de cette région face à Fribourg et à Yverdon, elle a passé au second plan. Rappelons tout de même que le tracé de la N1 Yverdon-Morat reprend celui du chemin de fer proposé en 1851 par les autorités fédérales !

A l'échelle à laquelle nous nous sommes placé, on peut retrouver la permanence de certains facteurs de localisation. Si Estavayer et Morat, chefs-lieux de district, maintiennent leur prépondérance sur une certaine sphère d'influence et si Avenches était capitale romaine, c'est Payerne qui, depuis probablement 200 ans, et en tout cas depuis l'époque des chemins de fer, apparaît comme le véritable centre de cette petite région. Cette localité a été choisie au siècle passé déjà comme jonction des deux lignes Fribourg-Yverdon et Lausanne-Lyss qui l'atteignent quasi simultanément en 1876.

Toutefois, l'automobile et la croissance des grandes villes ont bouleversé cet équilibre. Moudon devient très proche de Lausanne et Avenches et Morat se trouvent peu à peu placées dans la dépendance de Berne, notamment avec l'essor des résidences secondaires. Le trafic le plus nombreux emprunte la route et ne s'adresse plus aux transports publics. Le seul projet nouveau en matière d'infrastructure des transports – l'autoroute – ne peut que renforcer la prépondérance du trafic de transit.

Seule localité de taille moyenne jouissant encore d'une certaine autonomie de par sa situation, Payerne pourra-t-elle maintenir sa position de centre régional de la Broye ? On voit par là que l'examen de la situation dans un réseau de transports permet de déboucher sur quelques-uns des problèmes les plus essentiels de l'actualité, tels que la vitalité des villes moyennes et le développement régional.

Annexe 1

Liste des cartes de concessions
avec indication du nombre de personnes/jour

Fribourg-Romont	12
Fribourg-Payerne	20
Fribourg-Avenches	12
Fribourg-Morat	12
Romont-Lucens	10
Moudon-Lucens	10
Moudon-Yverdon	12
Yverdon-Yvonand	10
Yvonand-Combremont	3
Combremont-Lucens	5
Lucens-Payerne	15
Combremont-Payerne	5
Payerne-Estavayer	15
Estavayer-Yvonand	8
Payerne-Chevroux	5
Estavayer-Chevroux	5
Payerne-Avenches	15
Avenches-Cudrefin	8
Chevroux-Cudrefin	3
Cudrefin-Ins	8
Ins-Kerzers	10
Kerzers-Morat	10
Morat-Avenches	10
Morat-Ins	10

Annexe 2

Exemples de fiches de transport occasionnel

- Le moto-club d'Avenches va voir un moto-cross à Cudrefin.
15 personnes Avenches-Cudrefin et retour.
- Une commission de parlementaires des cantons de Suisse occidentale va visiter le pénitencier de Witzwil qui doit être transformé.
25 personnes Morat-Witzwil et retour.
- Retraite de la paroisse catholique de Payerne à Estavayer.
45 personnes Payerne-Estavayer.
- L'Ecole normale organise pour ses élèves une visite de la zone pilote de Moudon.
50 personnes Yverdon-Moudon.
- La Société française d'archéologie a organisé un voyage en Suisse romande. Elle veut visiter les ruines d'Avenches et le Musée romain.
50 personnes Fribourg-Avenches et retour.
- La Ligue vaudoise pour la protection de la nature fait visiter à la presse le tracé de la future N 1 à l'est d'Yverdon.
30 personnes Yverdon-Estavayer et retour.
- La Société centrale des améliorations foncières du canton de Vaud va visiter la 2^e correction des eaux du Jura.
50 personnes Morat-Kerzers-Ins et retour.
- La Société suisse de protection du patrimoine naturel, section fribourgeoise, organise une excursion pour visiter la ville de Romont, le château de Lucens et l'église Saint-Etienne de Moudon.
40 personnes Fribourg-Romont-Lucens-Moudon et retour.
- La Division mécanisée 1 organise un défilé sur l'aérodrome de Payerne.
35 personnes Chevroux-Payerne et retour.
25 personnes Cudrefin-Payerne et retour.
- Rapatriement des fêtards fribourgeois venus participer aux Brandons de Payerne, aux petites heures du matin.
100 personnes de Payerne à Fribourg.
- Une course d'école va voir *Les grenouilles* au Musée d'Estavayer.
30 personnes Cudrefin-Estavayer et Estavayer-Yvonand.
- Le Comité pour la suppression des aérodromes sur territoire vaudois organise une marche de protestation de la gare à l'aérodrome de Payerne.
35 personnes de Moudon à Payerne et retour.
50 personnes d'Yverdon à Payerne et retour.

LA DIFFUSION DU TÉLÉPHONE DANS L'ARRONDISSEMENT DE LAUSANNE ENTRE 1883 ET 1976

par Claude COLLET¹

Introduction

Cet article propose l'étude d'un cas d'innovation se diffusant dans un espace déterminé. Il constitue la présentation de la seconde partie d'un travail de licence effectué en 1977. L'aspect théorique de ce processus ne sera donc pas abordé. Le choix d'un exemple de diffusion d'une innovation est limité par un certain nombre de contraintes de natures différentes. L'innovation choisie doit être susceptible de jouer le rôle d'un « traceur » dont on puisse suivre la diffusion diachronique dans un espace donné supportant une population. Pour ce faire il faudra posséder des données statistiques diachroniques, précises et utilisant les mêmes unités spatiales. Cette contrainte restreint fortement l'éventail des innovations utilisables. Ainsi tout le domaine de la diffusion d'idées est difficilement mesurable car le contrôle de ces traceurs reste problématique; ce domaine constituerait le champ d'investigation idéal car l'adhésion à une idée n'est pas limitée par des variables économiques et technologiques et ainsi il est possible d'étudier les effets du réseau de communication et de la population sur le processus de diffusion. Compte tenu de ces limites, le choix d'un exemple s'est porté sur la diffusion du téléphone dans l'espace de l'arrondissement de Lausanne.

Dans l'étude d'un tel processus, il s'agit de distinguer le phénomène de dispersion de l'innovation dans l'espace de celui de densification des différentes portions de cet espace, qui sont deux types de différenciation spatiale. Le but d'une approche géographique sera de mettre en évidence la manière dont ce processus évolue à l'intérieur de l'espace considéré; en d'autres termes, elle cherchera en quoi l'espace agit de manière spécifique dans le processus de diffusion, en quoi la localisation est liée à ce processus. La problématique sera la suivante:

1. En rapport avec la dispersion spatiale de l'innovation:
 - Les modes de diffusions caractérisant cette dispersion.
 - La manière dont l'espace est lié aux différents stades de la diffusion.

¹Institut de Géographie, Université, bd de Pérolles, CH-1700 Fribourg.

2. En rapport avec la densification de l'espace :

- La manière dont la densité des abonnés est liée à l'espace au cours des différentes années considérées et l'évolution de ce rapport.
- Les liens existant entre les différents profils de croissance et leur localisation.

1. Les données

a. Le type de données

Une telle innovation concerne à la fois le niveau d'adoption individuel (les usagers particuliers) et collectif (les entreprises et les services). Afin de ne pas biaiser de manière trop marquante les résultats au détriment du niveau individuel, le choix des données s'est porté sur le nombre d'abonnements téléphoniques et non sur celui des appareils téléphoniques. Ce type de données n'élimine cependant pas le déséquilibre, il le réduit ; une même entreprise ou un même service peut avoir, en effet, plusieurs abonnements téléphoniques, alors que chaque ménage n'en possède généralement qu'un.

b. L'espace choisi

L'espace concerné correspond grossièrement à celui défini par les limites politiques du canton de Vaud (figure 1). Il forme un arrondissement téléphonique regroupant 69 unités spatiales techniques appelées réseaux. La limite de ces derniers ne se superpose que très rarement aux limites communales. Quelques regroupements d'unités ayant été opérés au cours de la période étudiée, les données ont été récoltées sur la base des réseaux définis vers 1970. Le nombre d'abonnements téléphoniques est donné par réseau. Chaque réseau possède un central téléphonique localisé en un point correspondant approximativement au centre de gravité des lieux d'habitation du réseau. Ces centraux pourront de ce fait être utilisés comme point représentatif de chacun des réseaux dans une représentation cartographique en isolignes.

c. La période étudiée

L'intervalle de temps considéré se situe entre 1883, date de la création du premier réseau téléphonique de l'arrondissement, et 1976, date des dernières statistiques. Il est à noter que la date de création des premiers réseaux de l'arrondissement correspond aux premières années du téléphone en Suisse ; il s'agit donc non seulement d'une innovation au niveau régional de l'arrondissement, mais aussi au niveau national et international. Le téléphone, en tant qu'innovation technique, s'est substitué progressivement au télégraphe en utilisant certaines de ses infrastructures.

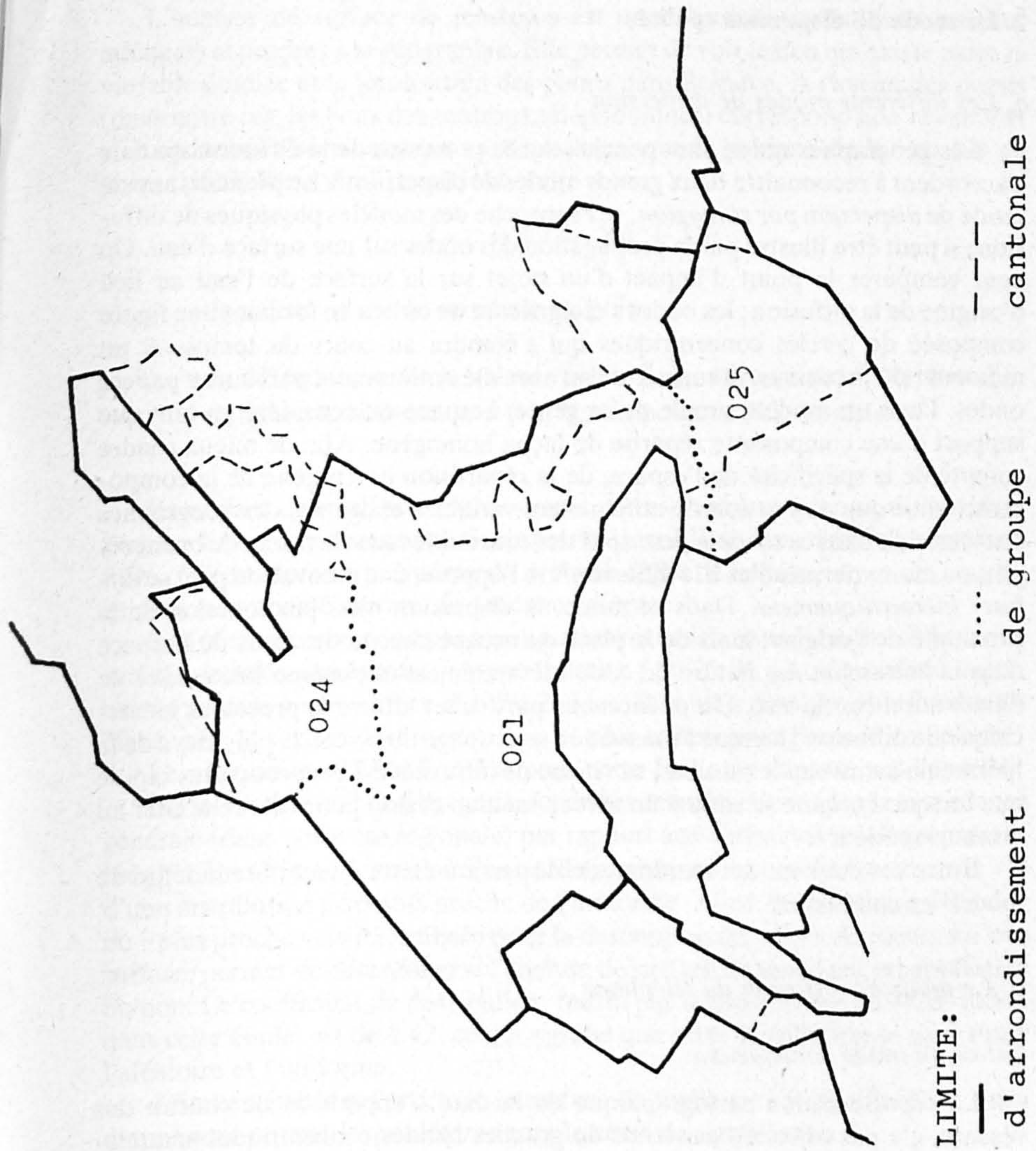


Figure 1: Limites de l'arrondissement de Lausanne.

2. Le mode de dispersion spatiale

a. Les différents modes de dispersion

Les géographes qui se sont penchés sur le processus de la diffusion spatiale s'accordent à reconnaître deux grands modes de dispersion¹. Le premier, appelé mode de *dispersion par contagion*, se rapproche des modèles physiques de diffusion ; il peut être illustré par la propagation des ondes sur une surface d'eau. On peut comparer le point d'impact d'un objet sur la surface de l'eau au lieu d'origine de la diffusion ; les ondes s'éloigneront de ce lieu en formant une figure composée de cercles concentriques qui s'étendra au cours du temps. A un moment *t* du processus, la surface d'eau aura été entièrement parcourue par ces ondes. Dans un modèle simple de ce genre, l'espace est considéré en tant que support d'une composante répartie de façon homogène. Afin de mieux rendre compte de la spécificité de l'espace, de la répartition hétérogène de la composante, ainsi que de l'action de nombreuses variables exogènes, des géographes ont introduit dans ce modèle descriptif des contraintes sous la forme de barrières plus ou moins perméables à la diffusion². A l'opposé, une innovation peut se *diffuser hiérarchiquement*. Dans ce mode, la dispersion n'est pas fonction de la proximité de l'origine, mais de la place qu'occupe chacun des lieux de l'espace dans la hiérarchie. La nature de cette hiérarchie est elle-même liée à celle de l'innovation considérée. Un phénomène particulier affecte le processus hiérarchique de diffusion ; lorsque l'innovation se propage du niveau le plus élevé de la hiérarchie au niveau le plus bas, sa vitesse de diffusion est beaucoup plus rapide que lorsque l'origine se situe à un niveau médian et doit pour cela remonter au niveau supérieur³.

Entre ces deux modes extrêmes de dispersion existe un nombre indéfini de modes les combinant.

b. Le mode de diffusion du téléphone

Est-ce un mode contagieux...

La représentation cartographique de la date d'apparition de chacun des réseaux n'a pas dévoilé l'existence de grandes bandes concentriques spatialement continues qui caractérisent le mode de dispersion contagieux. Pour vérifier cette première impression que fournit la lecture de la carte, une analyse de surface de tendance a été effectuée.

¹ Voir C. Collet, 1977

² Voir P. Gould, 1969

³ Voir P. Haggett, 1975

L'analyse de surface de tendance est un des outils statistiques les plus adéquats et propres à la géographie. Elle permet de voir le lien qui existe entre la variable étudiée et la localisation des points dans l'espace. A chacun des points (dans notre cas, les lieux des centraux téléphoniques) correspond une valeur x et y , coordonnées horizontale et verticale, ainsi que la valeur z de la variable au point défini. Il est ainsi possible d'écrire :

$$Z_{\text{obs}_i} = f(X_i, Y_i) + U_i$$

Z_{obs_i} = la valeur observée ou réelle au point i

U_i = la différence entre la valeur réelle Z_{obs_i} et la valeur théorique Z_{t_i} définie par la fonction $f(X_i, Y_i)$ au point i ; c'est le résidu.

La surface de tendance la plus simple correspond à un plan se situant dans l'espace à trois dimensions (où Z représente la troisième dimension). La fonction $f(X_i, Y_i)$ est alors un polynôme du premier degré de la forme $a_0 + a_1 X_i + a_2 Y_i$; ce plan sera appelé surface de tendance d'ordre 1.

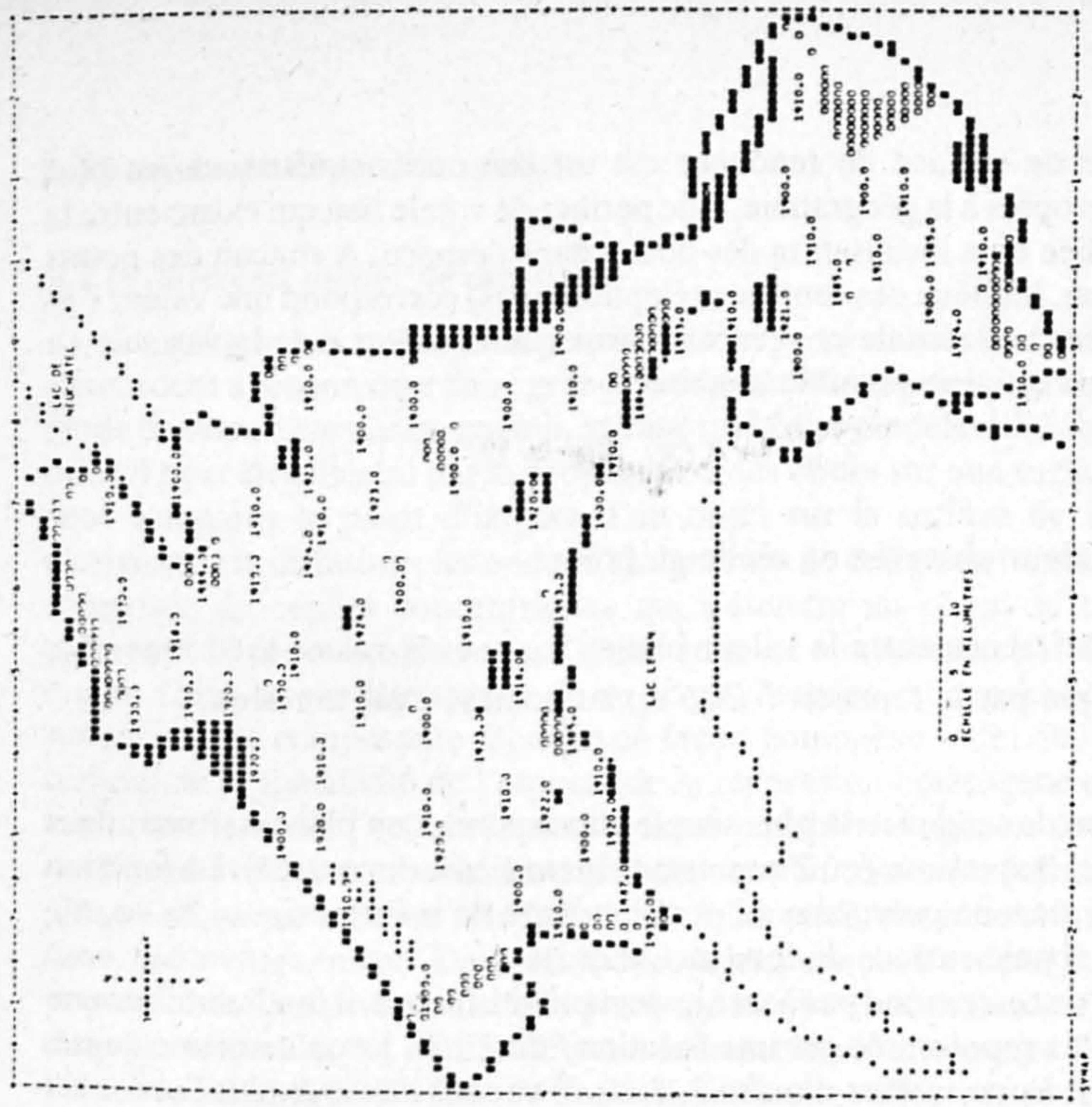
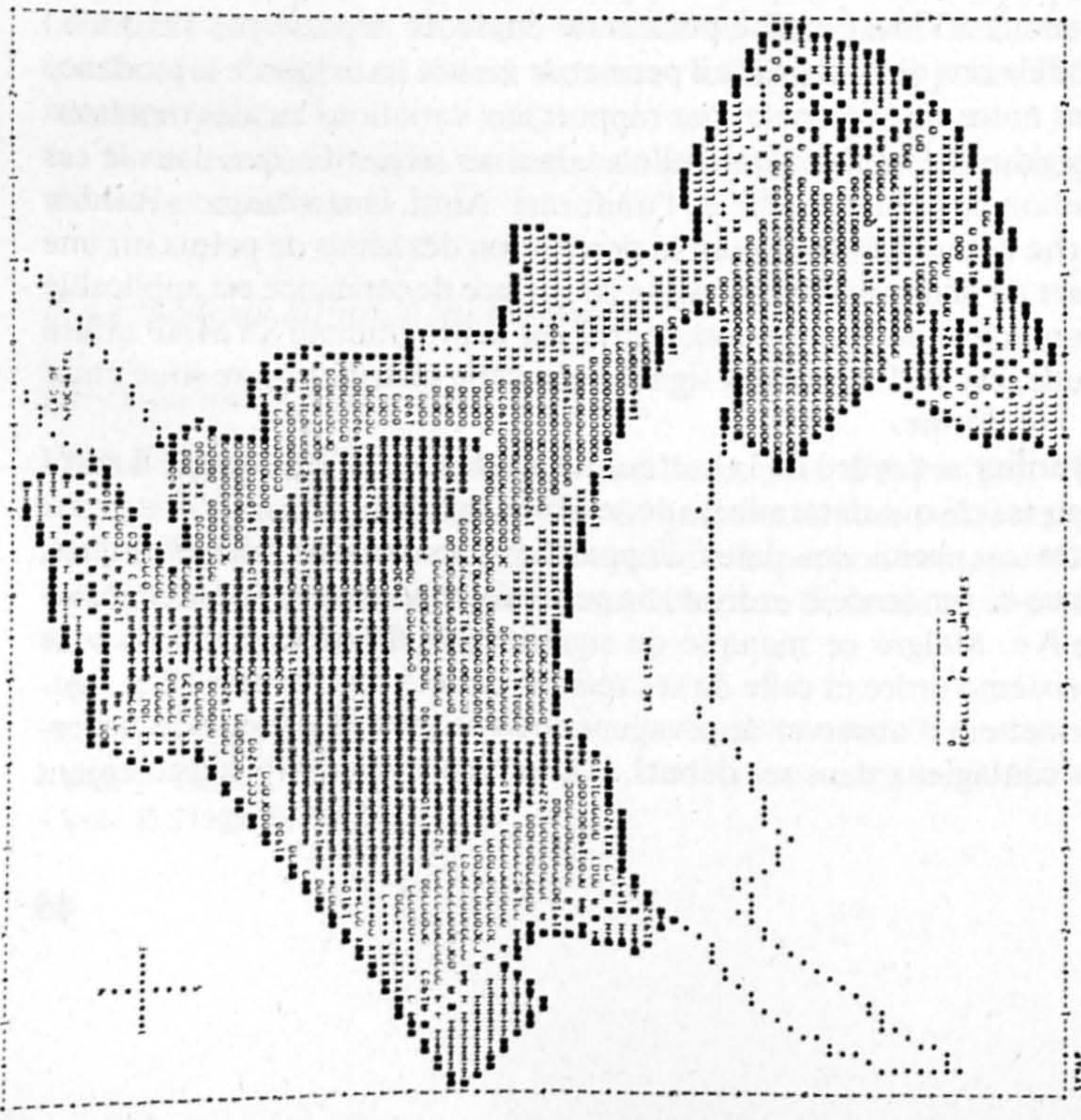
Si le plan ne correspond pas à un ajustement satisfaisant, il faudra utiliser une surface ondulée représentée par une fonction f du 2^e, 3^e, jusqu'au nième degré, correspondant à une surface d'ordre 2, 3... n . Il va sans dire que plus l'ordre est élevé, plus la surface sera « ondulée » et plus le lien avec l'espace complexe.

Le programme SYMAP utilisé pour cette étude ne dépasse pas l'ordre 6.

Un tel modèle sert de filtrage car il permet de mettre en évidence la tendance générale (dans notre cas régionale) par rapport aux variations locales représentées par les résidus. L'emploi d'une telle analyse ne se justifie que dans le cas d'une distribution de points proche de l'uniforme. Ainsi, la statistique « R » dite du « plus proche voisin », utilisée pour la description des semis de points sur une surface, permet de déterminer si l'analyse de surface de tendance est applicable ou non. Le coefficient de distribution, fourni par le programme SYMAP utilisé dans cette étude, est de 1.42, ce qui signifie que cette distribution se situe entre l'aléatoire et l'uniforme.

Afin de vérifier si l'ordre de la surface de tendance est significatif, il suffit d'appliquer un test F qui déterminera le seuil de signification.

Dans notre cas, celui des dates d'apparition des réseaux téléphoniques, même la surface de tendance d'ordre 6, ne peut déterminer une tendance régionale significative. Malgré ce manque de signification, la carte de surface de tendance du sixième ordre et celle de ses résidus ont été représentées à la figure 2 ; elles permettent d'observer deux vagues de diffusions. Si le mode de dispersion n'est pas contagieux dans ses débuts, il le devient par contre sensiblement après 1900.



TENDANCE
ORDRE 6

RÉSIDUS ORDRE 6

Figure 2: Coefficient allométrique des réseaux (analyse de surface de tendance).

... ou hiérarchique?

En supposant un mode de diffusion hiérarchique, on admet que la date d'apparition des réseaux est fonction de leur population. Afin de vérifier cette hypothèse, un calcul de corrélation entre la date de création de chacun des réseaux et leur population respective en 1930 a été effectué. Cette corrélation est significative à 99,99 % de certitude avec un coefficient de -0.65 . L'analyse du diagramme de cette corrélation permet d'affirmer que jusqu'en 1900 la corrélation est parfaite (à l'exception du réseau d'Yverdon); c'est-à-dire que jusqu'à cette date, la relation qui lie ces deux variables est la suivante: plus la population des réseaux est élevée, plus ceux-ci apparaissent tôt. Dès 1900, cette hiérarchie s'atténue car les points s'éloignent sensiblement de la droite de régression.

c) Conclusion

A la suite des constatations faites dans ce chapitre, il est possible de dégager les caractères suivants:

- Deux modes de diffusion ont agi successivement.
- Le mode hiérarchique a caractérisé principalement la première période de diffusion.
- Le mode contagieux n'est apparu qu'après 1900 et a caractérisé principalement la zone centrale de l'arrondissement; l'aspect hiérarchique n'a cependant disparu que graduellement.

3. Evolution de la densification des réseaux

Cette évolution a été abordée par l'étude de trois types de croissance.

a) Croissance de la densité des abonnés

La population variant d'un réseau à l'autre et d'une année à l'autre, la comparaison de différents réseaux et d'un même réseau à des époques différentes n'est rendue possible que par l'utilisation de la densité d'abonnés par réseau, c'est-à-dire le nombre d'abonnés pour cent habitants. Ceci a été effectué pour chacun des 69 réseaux aux années suivantes, 1883, 1884, 1885, 1886, 1887, 1888, 1889, 1890, 1900, 1910, 1920, 1930, 1941, 1950, 1960, 1965, 1970, 1972, 1974 et 1976.

Afin de permettre une comparaison dans le temps, une seule découpe en classes a été effectuée pour toutes ces dates. Les densités variant de 0.0 en 1883 à 79.6 en 1976, la division en 10 classes a été effectuée à l'aide d'une échelle loga-

rithmique. Ce choix se justifie pour la raison suivante : l'échelle est sensible aux faibles valeurs du début qui ne risquent donc pas d'être sacrifiées, et elle écrase les fortes valeurs postérieures que leur masse permet encore de distinguer.

Classe	Limites	Classe	Limites
0	0.0 à 0.1	5	8.0 à 10.0
1	0.1 à 2.0	6	10.0 à 30.0
2	2.0 à 4.0	7	30.0 à 50.0
3	4.0 à 6.0	8	50.0 à 70.0
4	6.0 à 8.0	9	70.0 à 90.0

Si un tel découpage rend une analyse diachronique possible, il possède deux faiblesses. La première provient de l'amplitude considérable des quatre dernières classes qui pourra masquer les différences de densités existantes ; afin de combler cette imprécision, la densité de chacun des réseaux a été indiquée numériquement à l'endroit de leur centre de gravité. La seconde consiste en l'existence d'un nombre élevé de classes ; ce handicap est toutefois atténué par le fait que ces dix classes ne figurent jamais simultanément sur une même carte ; ces dernières ne comportent en moyenne que quatre classes.

Sur les vingt dates étudiées, quatorze ont été cartographiées, illustrant la densité des réseaux tous les dix ans et de manière plus fine les premières et dernières années. Le nombre élevé de cartes ne permet pas de les faire figurer dans cet article.

Observation des cartes

L'observation des cartes en isolignes et de tendance permet de discerner deux grandes époques dans cette évolution :

- Jusqu'en 1910 : importance de la fonction urbaine. Les fortes densités sont liées aux villes et pôles régionaux ; elles correspondent aux premiers réseaux téléphoniques créés.
Tous les réseaux ne sont pas encore apparus.
- Depuis 1920 : une différenciation qui tend à se stabiliser. Dès cette date, trois types de réseaux apparaissent. Ce sont les réseaux urbains mentionnés précédemment qui sont localisés le long du lac Léman et au bord du lac de Neuchâtel ; certains réseaux montagneux appartenant au groupe d'Aigle (025) ; les autres réseaux à prédominance rurale. Certes, il existe des différences à l'intérieur de chacun de ces trois types mais celles-ci sont beaucoup moins marquées que celles qui distinguent ces types.

Evolution dans le temps

La densité des réseaux montagneux augmente rapidement et devient plus forte que celle des réseaux urbains. L'écart de densité entre ces deux types s'accroît au cours des années et en 1976 leur densité se situe entre 60 et 70 pour cent. Le nombre de ces réseaux montagneux est passé de 3 en 1920 à 7 en 1976. Ils se distinguent non seulement des réseaux urbains, mais plus fortement encore des réseaux ruraux.

Les réseaux urbains ont aussi une croissance forte par rapport à la moyenne de l'arrondissement ; de ce fait ils se distancient des réseaux ruraux. Ces réseaux sont les suivants : Lausanne, Montreux, Morges, Vevey, Yverdon, Aigle. Leur évolution est fortement différenciée, en effet, les écarts de densité qui les séparent ne cessent d'augmenter ; la densité du réseau d'Yverdon diminue même. Du fait de cette hétérogénéité, certains de ces réseaux ont une densité comparable à celle des réseaux ruraux alors que d'autres, tels Lausanne, Vevey, Montreux, tendent à rejoindre les réseaux du premier type.

Jusqu'en 1972, les réseaux ruraux se densifiaient de manière assez régulière par vagues en provenance des rives nord-est du lac Léman. Les différences de densités étaient faibles et cette grande zone formait une étendue spatialement continue. Dès 1972, les réseaux du nord-ouest de l'arrondissement, formant une frange le long du Jura, se différencient quelque peu des autres réseaux par une densité plus forte. Non seulement les écarts de densité augmentent, mais cette frange s'allonge pour former une bande continue réunissant tous les réseaux de la frontière nord-ouest de l'arrondissement.

Evolution dans l'espace

Fortement différencié lors de la première période, l'espace tend à devenir, au cours des années, plus homogène. Les trois types de réseaux forment des zones continues, d'une part, et les différences de densités sont, d'autre part, spatialement moins fortes qu'auparavant. Cette évolution pourrait être comparée à l'érosion d'un relief ; jeune au départ, les différences sont fortement marquées, puis par l'action érosive, un lissage des formes apparaît, les creux sont comblés et les pics aplanis. La comparaison peut être poursuivie en attribuant au processus les caractéristiques d'une érosion différentielle... La situation de la carte des densités en 1976 peut être décrite ainsi : les densités sont distribuées de façon homogène sur tout le territoire de l'arrondissement à l'exception de trois zones, l'une urbaine située en bordure du lac Léman, l'autre formant une bande le long du Jura et une troisième, discontinue, localisée au sud de l'arrondissement.

Essai d'explication de cette évolution

Pour mieux saisir la distribution spatiale des densités ainsi que son évolution, il s'agit d'interpréter ces constatations.

Rechercher les caractères propres des zones fortement densifiées revient à étudier les facteurs favorisant l'adoption du téléphone :

- Les réseaux urbains sont caractérisés par une grande importance des secteurs tertiaire et secondaire.
- Les réseaux du Jura possèdent de petites industries et ont un secteur touristique développé.
- Les réseaux montagneux du sud-est sont des lieux touristiques importants. Si donc les industries et surtout les administrations, services et commerces sont des facteurs favorisant l'adoption du téléphone, le développement du secteur touristique ne peut expliquer à lui seul cette forte densité. Les résidences secondaires jouent un rôle important dans la densification des réseaux montagneux ; les données sont biaisées par le fait que la population prise en compte est celle résidente et ainsi les propriétaires des résidences secondaires ne sont pas comptabilisés alors que leur téléphone l'est. Il n'en reste pas moins que la localisation des densités de téléphone est liée aux caractéristiques de chacun des réseaux et que dans une zone de réseaux à caractères semblables, la croissance semble être liée à la proximité d'une origine.

Il existe un lien entre les deux modes de dispersion et les deux périodes de densification remarquées. De plus, dans la zone homogène des réseaux ruraux, on constate que les derniers réseaux créés ont une densité toujours plus faible que les autres pour une date donnée ; ce retard pourrait être expliqué par leur apparition plus tardive.

La tendance régionale s'affirme au cours des années ; si l'analyse de surface de tendance n'est significative qu'au quatrième ordre en 1930, elle l'est déjà au premier ordre en 1976. Ceci signifie que la répartition de ces densités dans l'espace considéré s'est fortement régularisée, permettant ainsi de la décrire par un plan.

L'analyse de corrélation entre la densité de chacun des réseaux en 1976 et leur population respective à cette date montre que les deux variables ne sont pas liées, donc que l'effet cumulatif de contacts n'agit pas dans cette distribution de densité.

b) Croissance absolue des réseaux

L'étude d'une évolution peut être abordée de deux manières. De manière intuitive par comparaison de cartes statiques indiquant la situation à différentes

époques ; cette méthode a été employée pour l'étude des densités et la difficulté première rencontrée dans ce type d'analyse a été la mise en relation d'un nombre important de cartes en vue d'en dégager l'évolution. Dans cette méthode, le temps est considéré de manière discontinue et l'aspect dynamique est extrapolé à partir d'états statiques. La seconde méthode consiste à décrire cette évolution à l'aide d'un paramètre résumant la croissance de chacun des réseaux ; ainsi les quatorze données sont représentées par une seule, facilitant de ce fait l'analyse et la représentation cartographique.

Il est alors justifié de se demander pourquoi cette dernière méthode n'a pas été utilisée pour l'étude de l'évolution des densités d'abonnés. Il a été tenté de définir les valeurs des paramètres de la formule caractérisant la croissance...

$$P = \frac{U}{1 + e^{(a-bT)}}$$

où :

P est la densité d'abonnés au moment T de la diffusion

U est la densité maximale d'abonnés

e est une constante mathématique de valeur 2.7183
(base du système des logarithmes naturels)

b est la valeur qui définit à quel moment de T la croissance augmentera et diminuera

a est la valeur de P au début de la diffusion

... à l'aide d'un programme FIT.

Ce programme utilise les données de densité et estime la valeur des paramètres de la courbe logistique passant ces points. Malheureusement, 15 réseaux seulement ont été caractérisés de manière satisfaisante, dans les autres cas les variations de population ont biaisé trop fortement les valeurs des densités et, de ce fait, l'évolution des densités ne se conformant pas suffisamment à la courbe logistique.

Constatant l'influence des variations de population, il est apparu préférable d'utiliser la croissance du nombre d'abonnés par réseau. Les quatre diagrammes de la figure 3 illustrent la croissance absolue. Les quatre réseaux ont été choisis de manière à représenter les trois types de réseaux définis dans le paragraphe A de ce chapitre, ainsi que des réseaux apparus à des dates différentes.

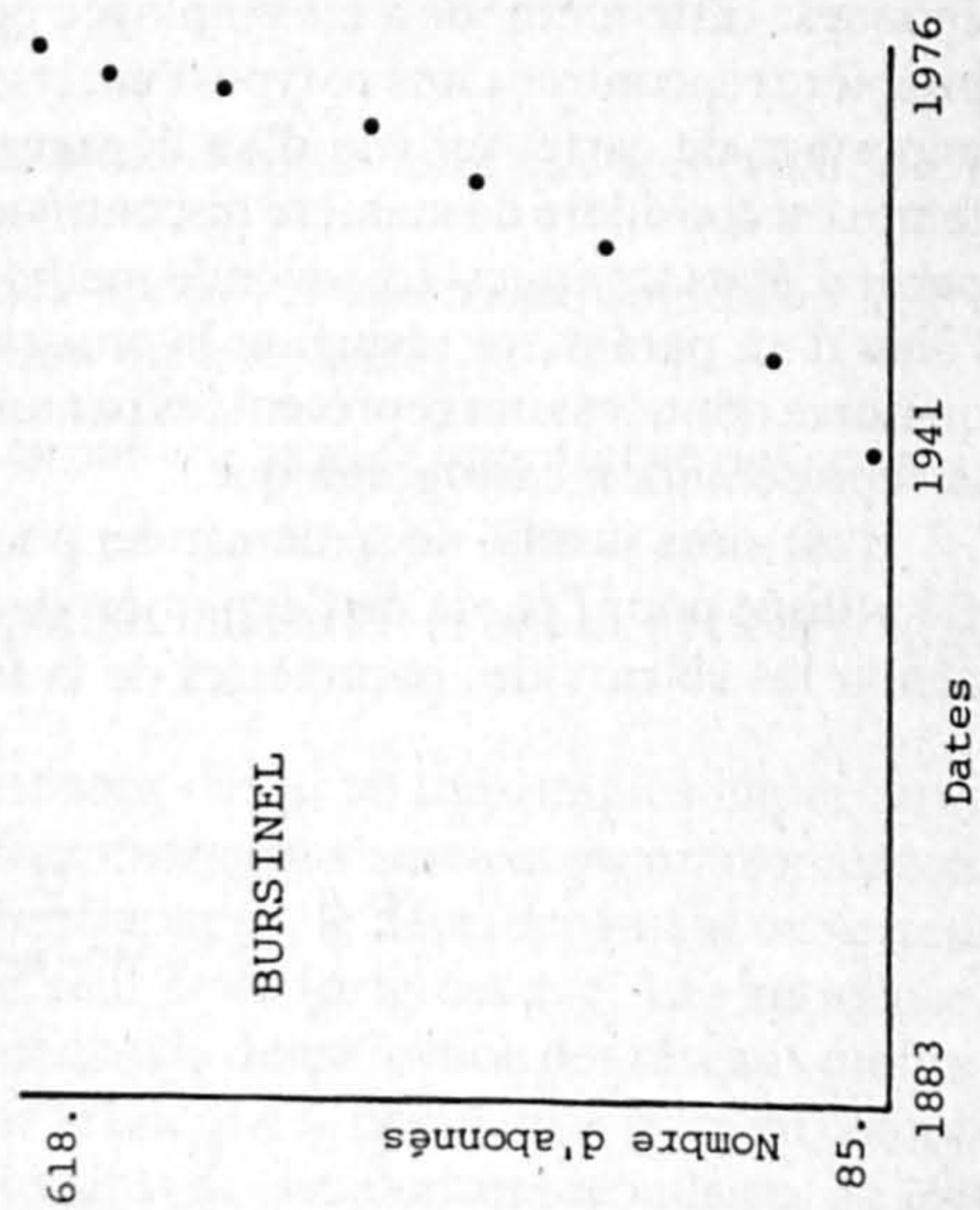
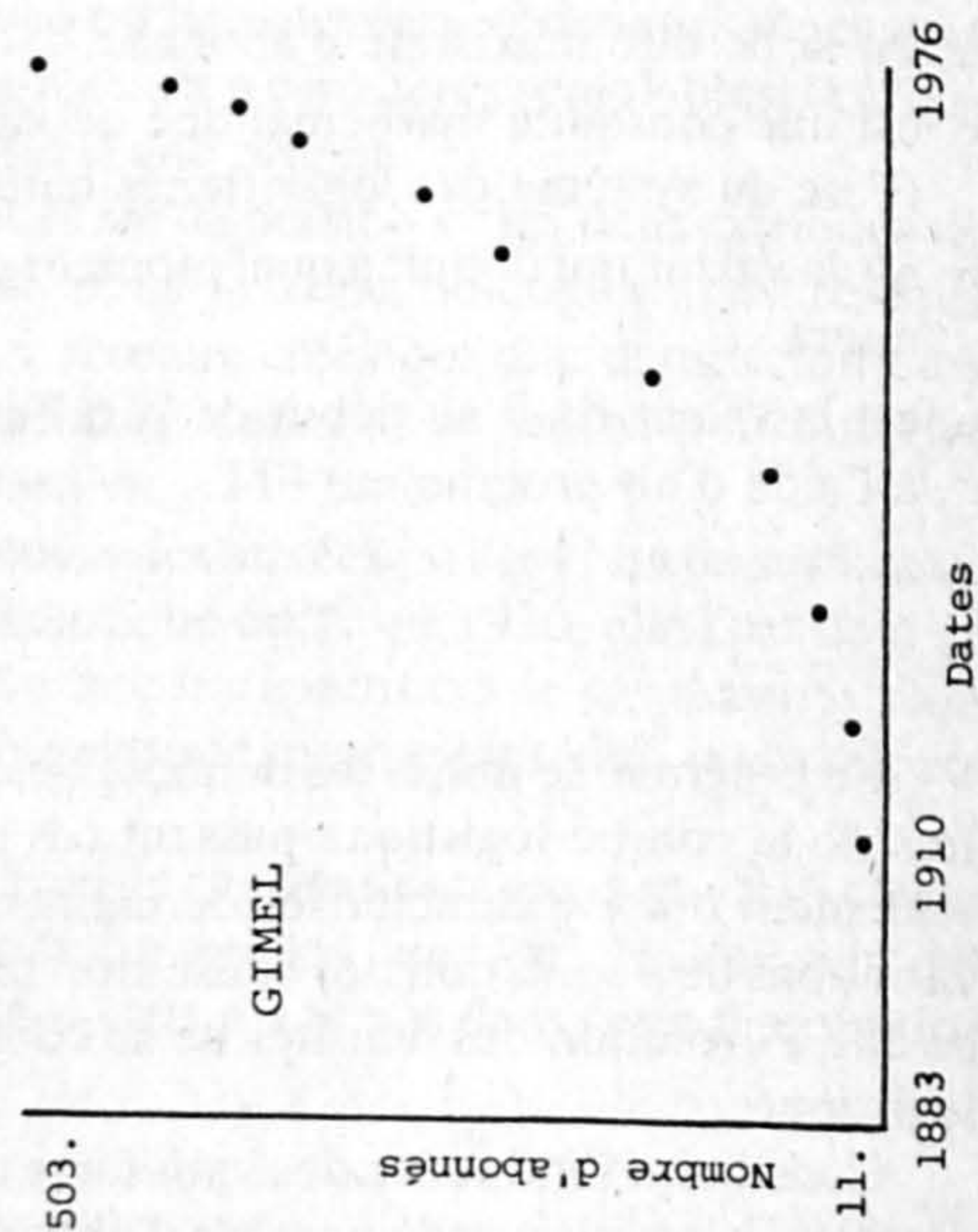
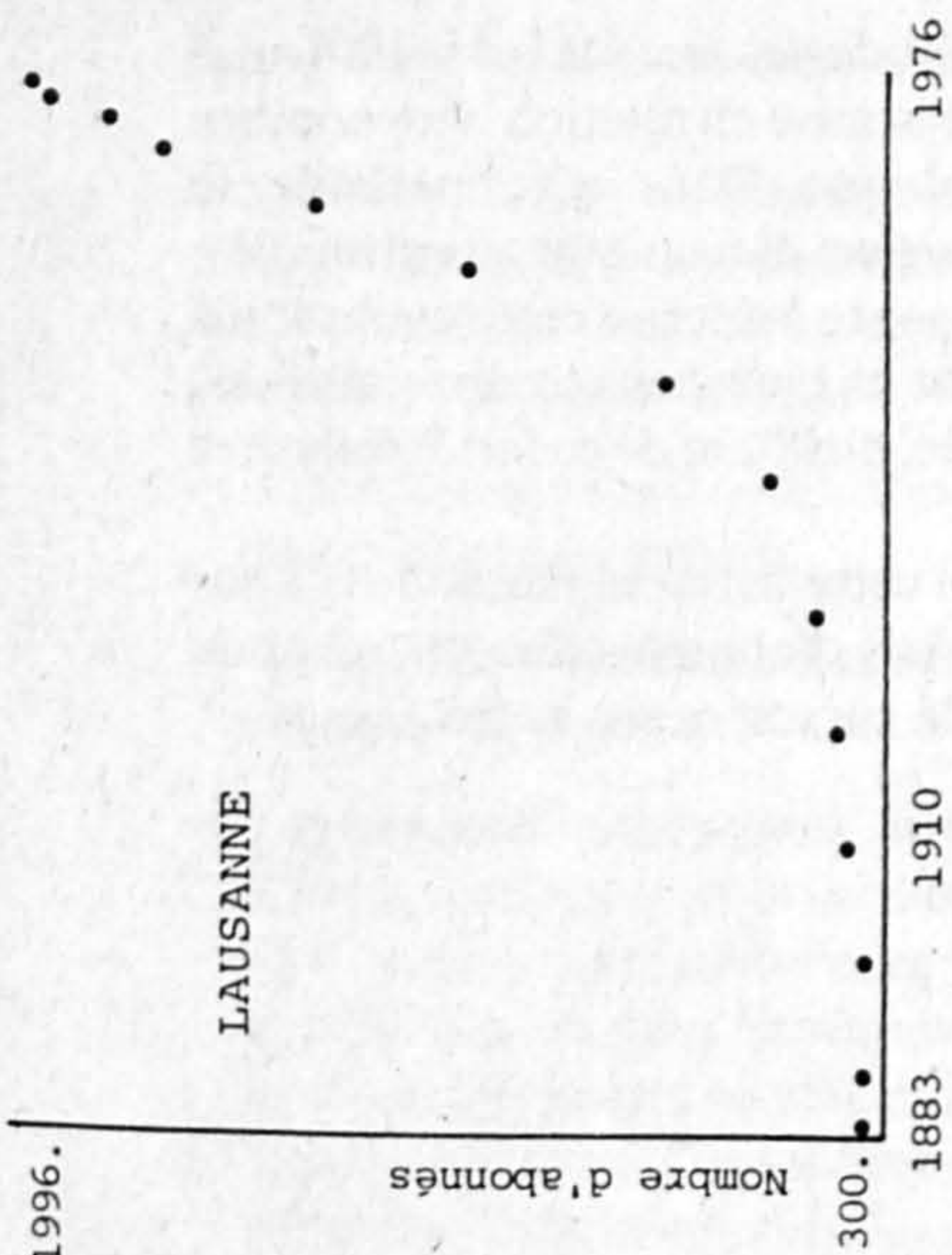
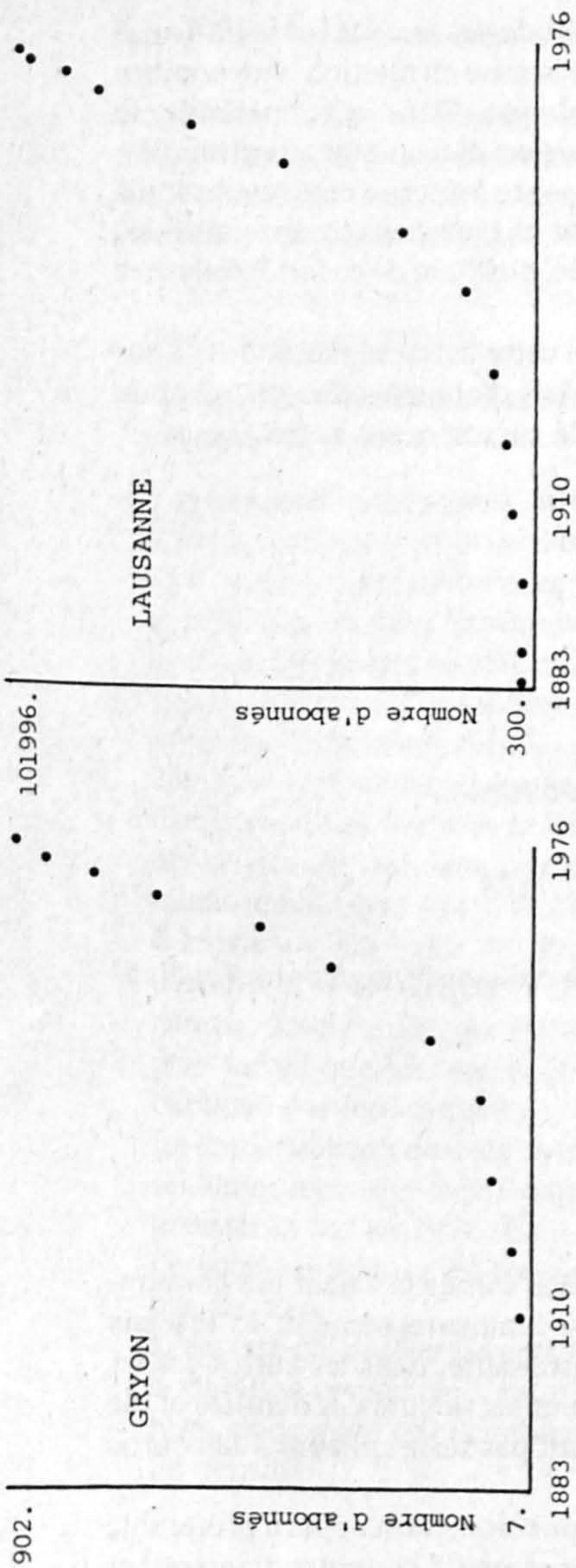


Figure 3: Croissance absolue de 4 réseaux.

Etude des diagrammes

Si l'on veut caractériser la croissance de ces réseaux dans le cadre d'une analyse systémique, plusieurs remarques peuvent être préalablement faites à propos de la forme de la croissance :

- En considérant chacun des réseaux comme un système, ou un sous-système à l'intérieur d'un système qui serait l'arrondissement, les interactions entre les éléments de ce système sont non linéaires. Cette non-linéarité provient de la complexité des relations entre les diverses variables agissant dans ce système.
- Cette courbe en S provient d'une croissance exponentielle suivie d'une stabilisation.
- La croissance exponentielle est le résultat d'une boucle de rétroaction positive (*positive feed back*). Cette rétroaction positive provoque un effet cumulatif.
- La stabilisation de la croissance est provoquée par le seuil de saturation.

L'observation de ces quatre diagrammes fait ressortir deux grandes remarques :

- Tous les réseaux n'en sont pas au même stade de croissance : Lausanne atteint la stabilisation alors que Bursinel et Gryon s'en approchent ; quant à Gimel, la croissance est encore exponentielle.
- Le stade de croissance ne semble pas être directement lié à la date d'apparition des réseaux, ainsi Bursinel, créé en 1932, approche de la stabilisation alors que Gimel, créé en 1910, croît toujours exponentiellement.

Etude des cartes de croissance absolue

Afin de voir le lien entre la croissance et l'espace, la pente de croissance des réseaux a été cartographiée. La croissance absolue a été représentée par la valeur a de l'équation $Y = aX + b$. X représentant les dates et Y le nombre d'abonnés du réseau à la date X .

La valeur a indique la pente moyenne de la courbe. Il ne sera pourtant pas possible de comparer les valeurs de a de chacun des réseaux car celles-ci sont liées à la population des réseaux.

Ces cartes indiqueront cependant comment se répartissent spatialement ces valeurs.

Les données ont été divisées en 4 classes : la deuxième classe comprend les valeurs situées autour de la moyenne entre deux écarts-types ; la moyenne a été effectuée sur 64 réseaux, excluant les cinq réseaux de Lausanne, Morges,

Montreux, Vevey, Yverdon, qui possédaient des valeurs trop éloignées des autres. La première classe regroupe les valeurs plus faibles que celles de la classe 2, la classe 3, les valeurs plus élevées, et enfin la classe 4, les cinq réseaux définis précédemment.

La majorité de l'espace est homogène et appartient à la deuxième classe. Trois réseaux du Jura ont une pente en dessous de la moyenne alors que deux autres se situent dans la troisième classe. L'analyse de surface de tendance indique que même au sixième ordre, aucune tendance régionale n'est significative.

Conclusion

Si l'utilisation de la croissance absolue met en évidence les différents stades de croissance des réseaux selon les dates, et si méthodologiquement l'utilisation d'un paramètre caractérisant la croissance de chacun des réseaux est un moyen d'analyse plus rigoureux, il n'en reste pas moins vrai que l'interprétation et la cartographie de la pente de croissance absolue n'amènent que très peu de résultats. Cette stérilité découle de la forte corrélation qui existe entre la population des réseaux et la pente de leur croissance absolue ($R^2 = .978$). Cartographier cette pente revient quasiment à cartographier la population des réseaux. Cette remarque est confirmée lorsque l'on cherche le lien entre la date de création des réseaux et leur pente de croissance absolue, on constate qu'il est le même que celui entre la date et la population des réseaux ; de plus, la répartition des points sur les deux diagrammes est fort semblable.

c) Croissance relative ou allométrique

La croissance allométrique est un concept utilisé dans le cadre d'une approche systémique.

Mesurer la croissance relative ou allométrique consiste à mesurer la croissance de chacun des réseaux par rapport à la croissance de l'arrondissement. Cette croissance allométrique peut être décrite par une fonction *puissance de la forme*.

$$Y = aX^b \quad (1)$$

X représente la taille du système (arrondissement)

Y représente la taille du sous-système (réseau)

Dans notre exemple, les valeurs des variables X et Y sont connues pour quatorze dates, il s'agit donc de calculer la valeur de *a* et *b*. Il est plus aisé de transformer la formule (1) de la manière suivante :

$$\log Y = \log a + b \log X$$

Ainsi il suffit de calculer la pente b d'une équation linéaire. Quatre diagrammes de cette régression (voir figure 4) illustrent la continuité de cette croissance ainsi que la signification du paramètre b (le coefficient de détermination se situe, pour les 69 réseaux, entre .90 et .99). Ceci permet de vérifier la validité du modèle allométrique appliqué à ce cas.

Analyse des cartes

Contrairement à la pente de la croissance absolue, la pente allométrique n'est pas liée à la population de chacun des réseaux; de ce fait, elle peut être comparée pour chacun des réseaux. Les valeurs de cette pente sont divisées en trois classes:

- Classe -1 :
valeurs plus faibles que celles définies dans la classe 0.
- Classe 0 :
valeurs situées autour de la moyenne, entre deux écarts-types.
- Classe 1 :
valeurs plus fortes que celles définies dans la classe 0.

La moyenne se situe à la valeur 1.038 et l'écart-type vaut .185.

Il est possible d'interpréter la croissance relative de chacun des réseaux de la manière suivante:

- si b est égal à 1, cela signifie que le réseau croît à la même vitesse que l'arrondissement.
- si b est plus grand que 1, le réseau croît plus rapidement que l'arrondissement.
- si b est plus petit que 1, le réseau croît moins rapidement que l'arrondissement.

La découpe en classes met en évidence ces trois types de croissance allométrique.

La configuration spatiale est fortement différente de celle des densités ou de la croissance absolue. La partie sud-est de la carte est la plus fortement contrastée, on y trouve des réseaux à forte croissance relative voisins de réseaux possédant une pente inférieure ou égale à 1. Les trois types de réseaux définis précédemment ne se retrouvent pas dans cette carte; aucun réseau urbain n'a une pente significativement supérieure à 1. Seuls 5 réseaux croissent sensiblement plus lentement que l'arrondissement, 14 croissent plus rapidement et la majorité (50 réseaux) croît à la même vitesse que le système.

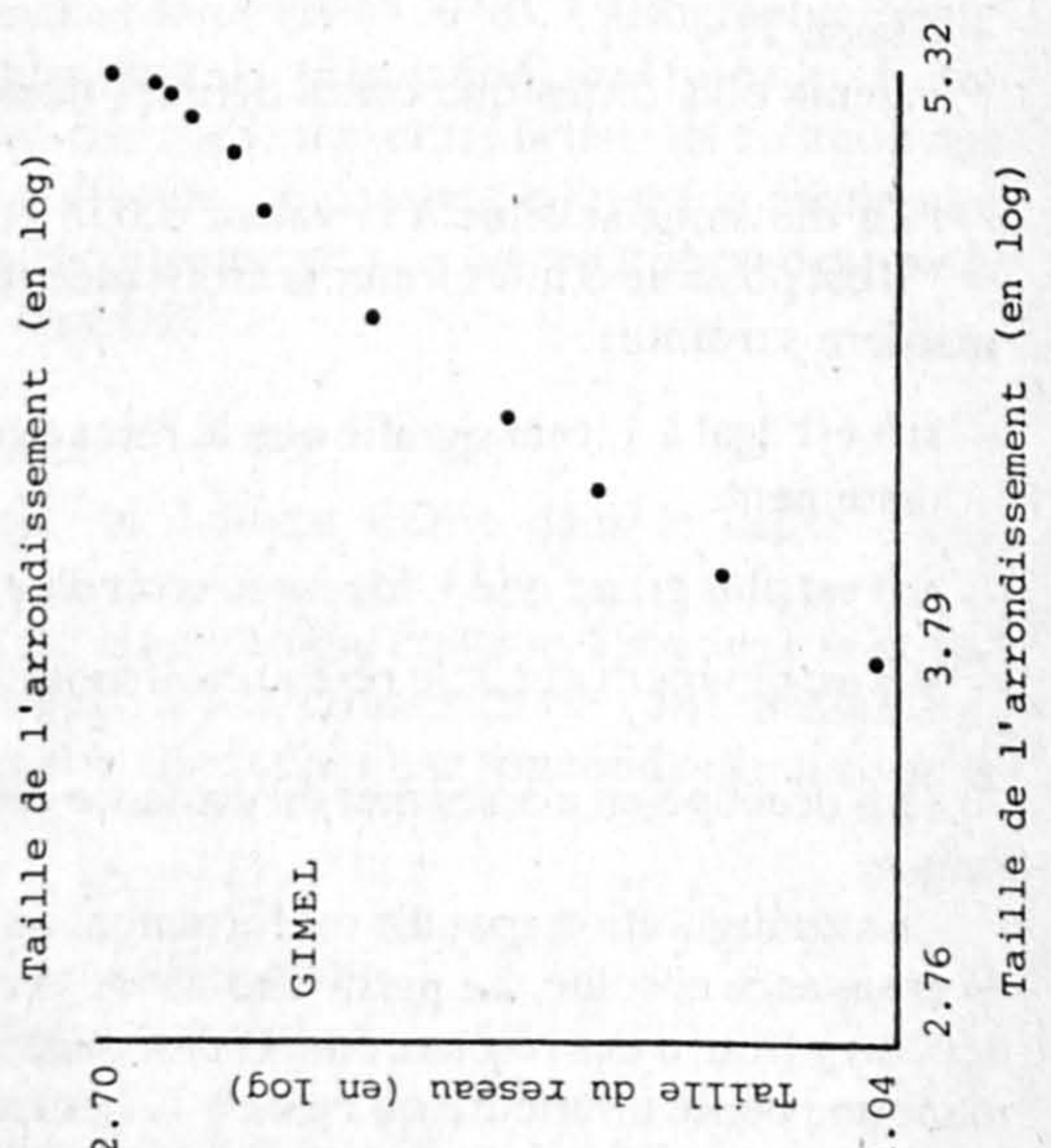
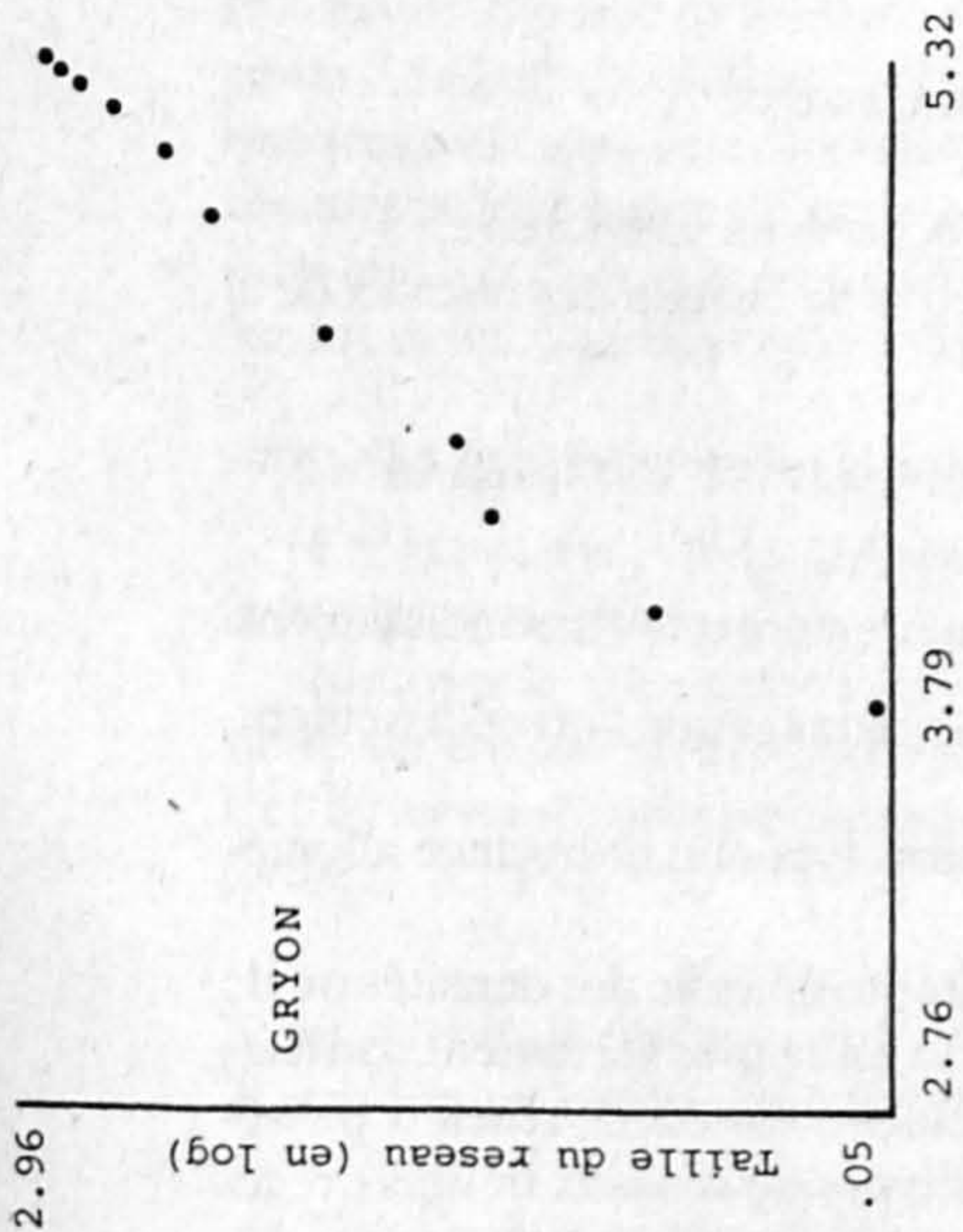
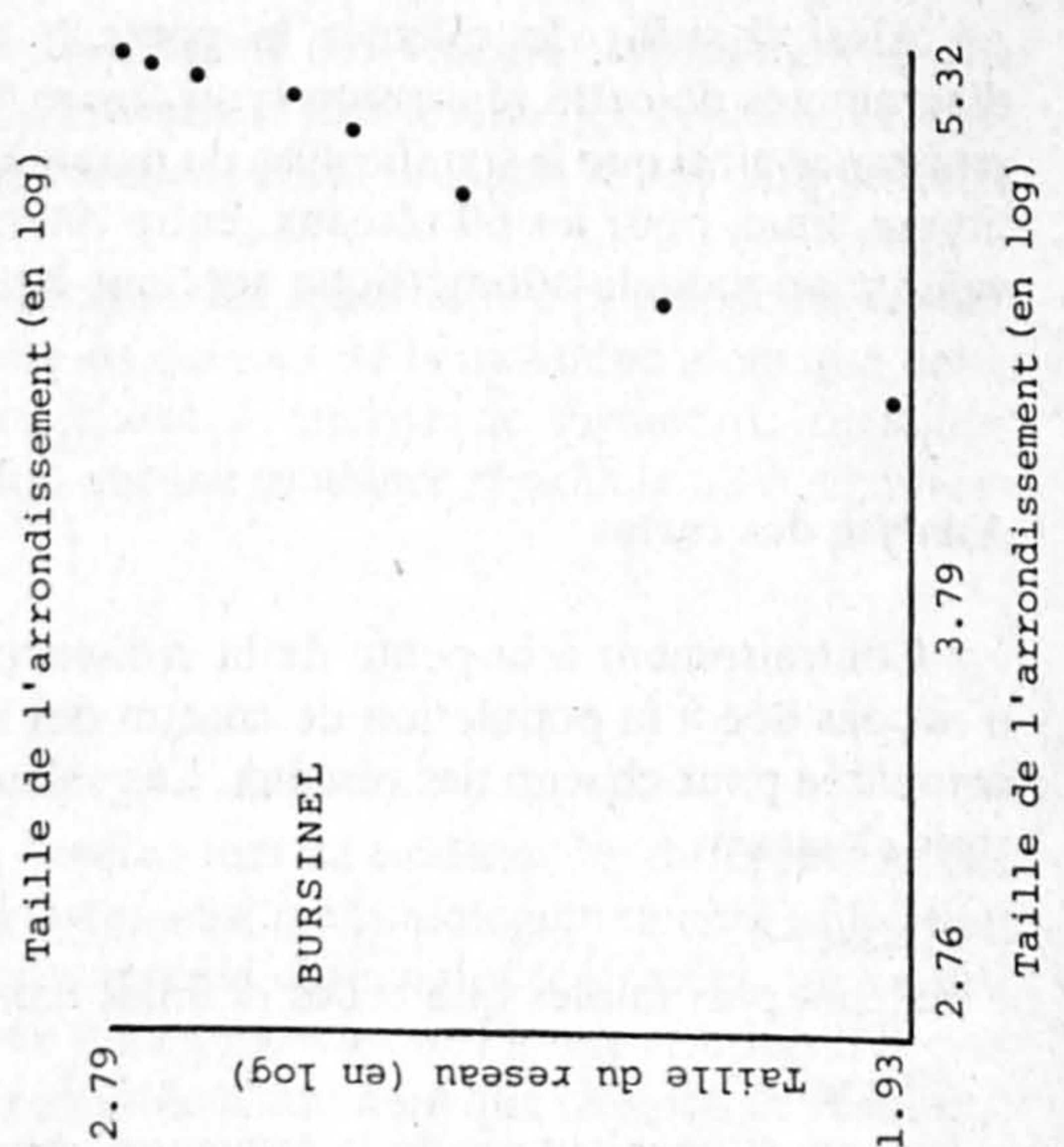
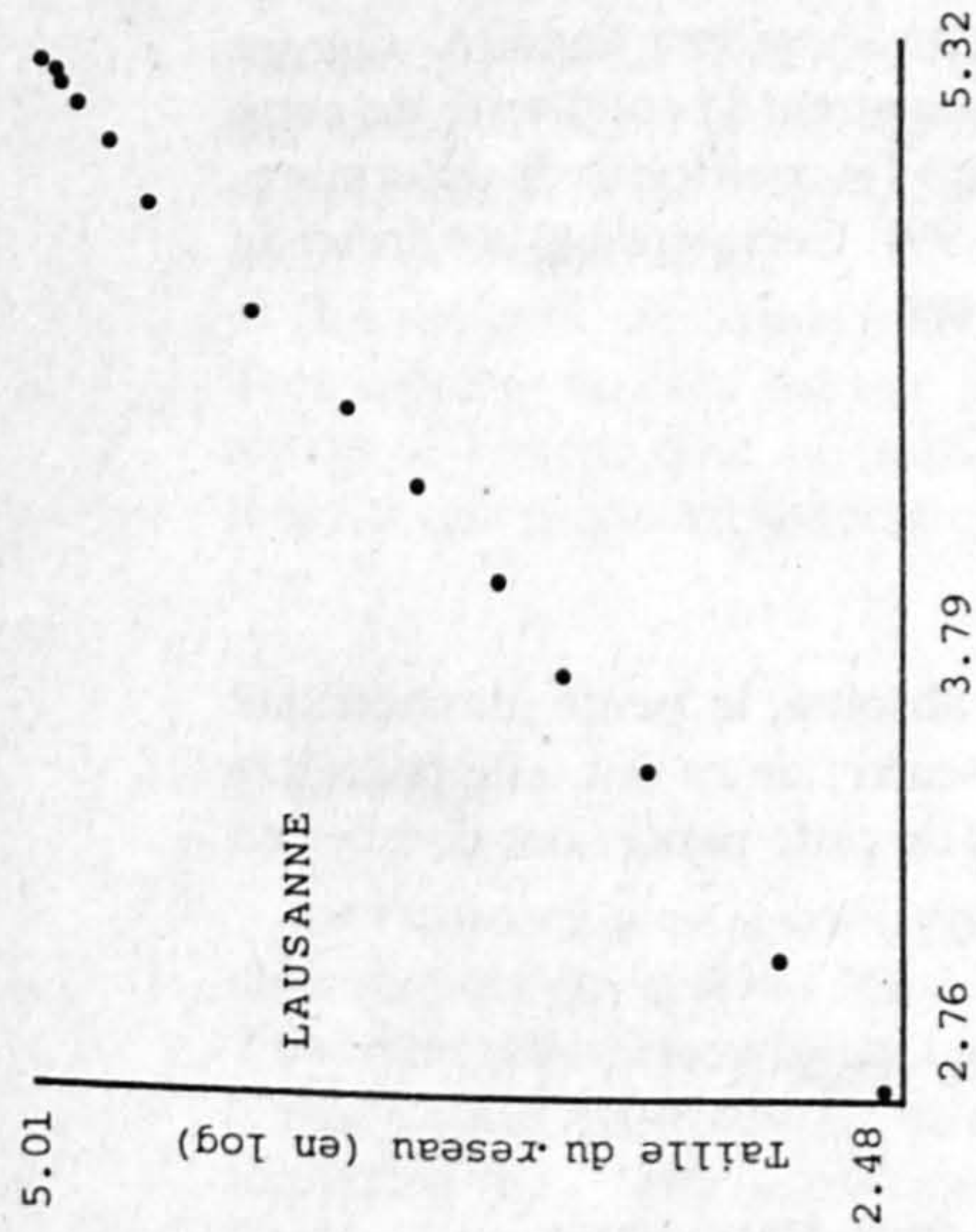


Figure 4: Croissance allométrique de 4 réseaux.

Les cartes de tendance et de résidus d'ordre 6 (voir figure 5) illustrent l'homogénéité de croissance des réseaux, la majorité de la surface appartient à la classe de la moyenne et les zones croissant plus fortement ou faiblement que le système sont localisées aux limites de l'arrondissement. La zone possédant le plus de variations locales est celle située au sud-est; elle avait déjà été décrite comme possédant les plus grands contrastes.

Conclusion

Comment interpréter ces croissances relatives différentes ainsi que leur localisation? Il n'est pas surprenant que les plus grands contrastes se situent dans la zone des réseaux montagneux; certains réseaux sont fortement touchés par le secteur tertiaire et ont une croissance rapide, alors que d'autres le sont moins. Il est normal que le réseau de Lausanne croisse à la même vitesse que l'arrondissement car il influence fortement, par sa taille, la croissance du système.

Beaucoup d'auteurs ont relevé une corrélation entre la date d'apparition et la pente de la croissance relative, cette relation est formulée ainsi: plus les sous-systèmes apparaissent tardivement, plus la pente est forte. Ceci s'explique par un « rattrapage ». Dans notre cas, cette corrélation est significative à 98 % de certitude, c'est-à-dire que la tendance générale confirme cette relation mais certains réseaux l'infirmement. Ainsi la localisation des pentes de croissance allométrique est assez semblable à celle des dates d'apparition des réseaux.

Il n'existe aucun lien significatif entre la valeur de la pente allométrique et celle de la pente de croissance absolue, et de même entre la valeur de la pente allométrique et la population de chacun des réseaux.

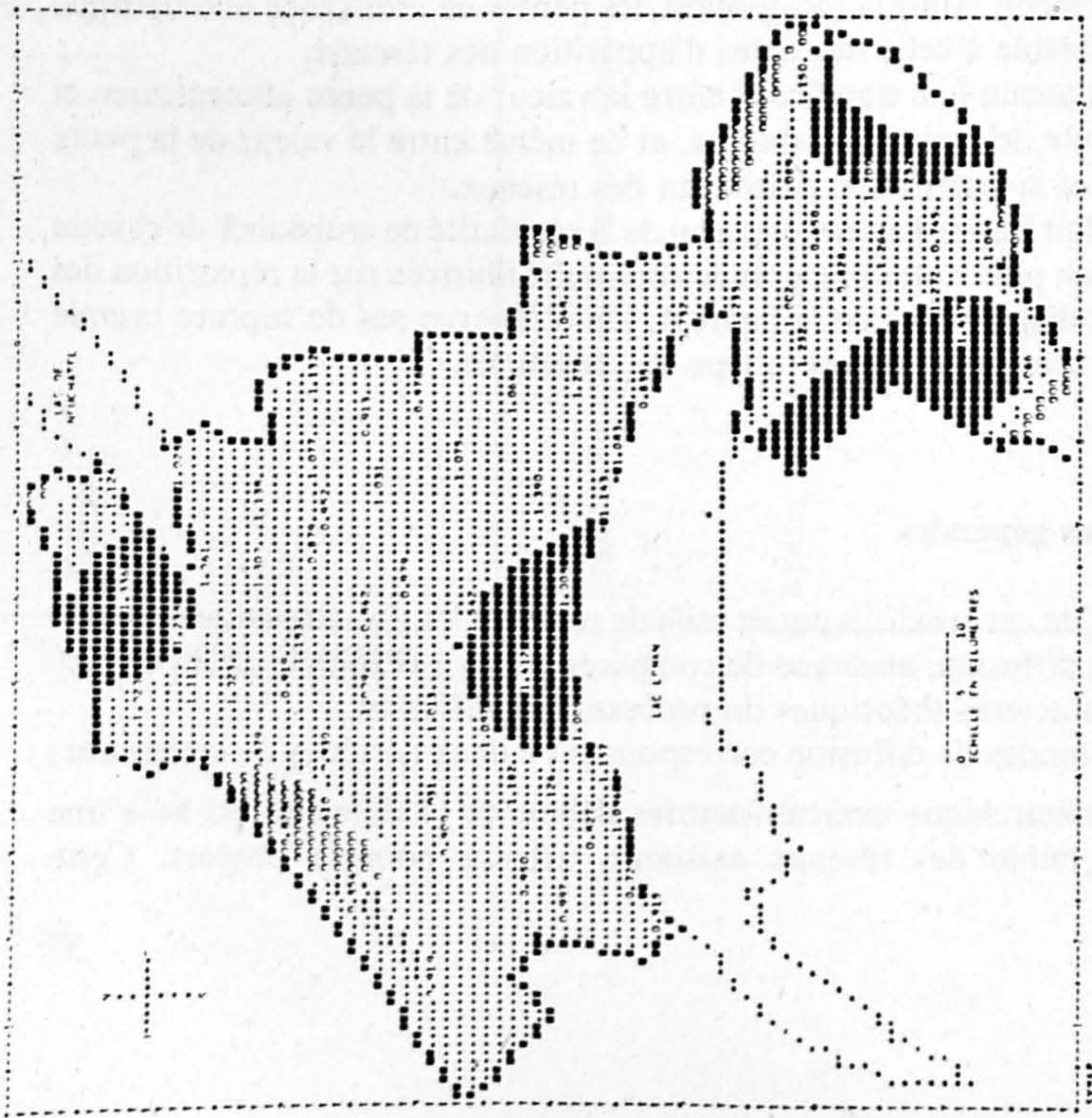
Un autre fait frappe l'attention, celui de la régularité de croissance de chacun des réseaux; on peut noter une grande continuité illustrée par la répartition des points sur les diagrammes de la figure 4. On n'observe pas de rupture brutale indiquant un changement dans le type de croissance.

4. Conclusions générales

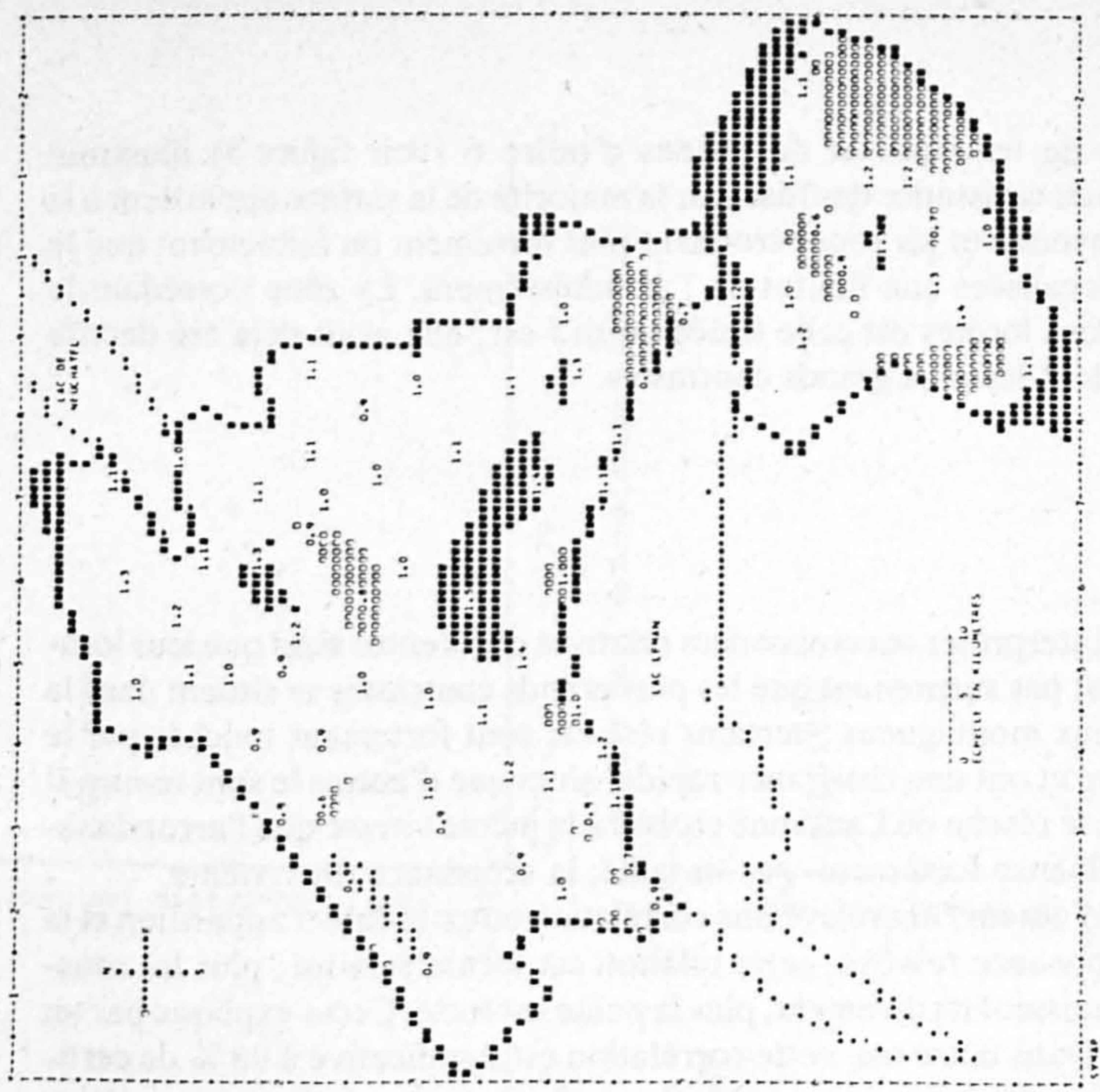
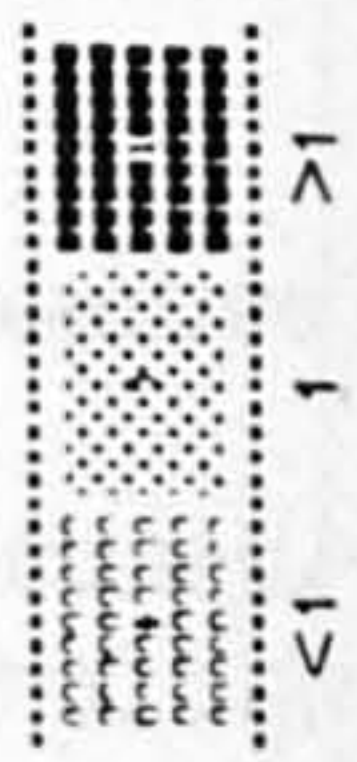
Au terme de cet article, il paraît utile de ressortir les caractéristiques principales de cette diffusion, ainsi que de comparer en quoi l'exemple choisi se rapproche des caractères théoriques du processus de diffusion.

Les deux modes de diffusion correspondent à deux périodes de croissance:

- Le mode hiérarchique caractérisant les débuts de la diffusion est lié à une croissance faible des réseaux existants, urbains pour la plupart. Cette



TENDANCE
ORDRE 6



RÉSIDUS ORDRE 6

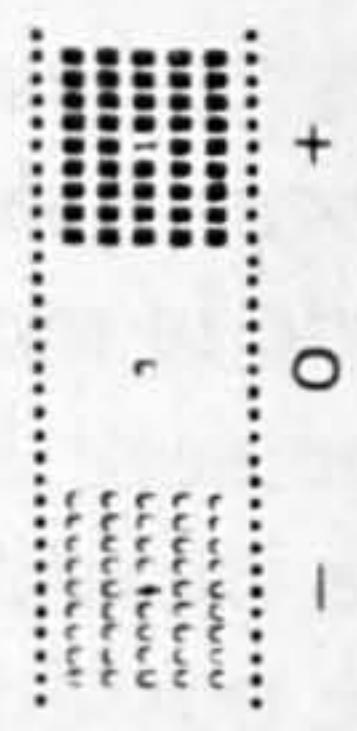


Figure 5: Date d'apparition des réseaux téléphoniques (analyse de surface de tendance).

remarque est confirmée par l'observation du diagramme de croissance absolue de l'arrondissement ; tout comme chacun des réseaux, l'arrondissement croît de manière exponentielle, donc faiblement jusqu'en 1910.

– Dès 1920, le mode de diffusion devient contagieux et, parallèlement, le nombre d'abonnés croît fortement.

Ce changement de mode de diffusion peut s'expliquer par le type de hiérarchie des réseaux. Si l'on admet que cette hiérarchie est fonction de la population, les réseaux qui ont été créés après 1910 ont, contrairement aux réseaux apparus dans la première période, des différences de population très faibles. Il est donc possible de formuler la constatation suivante : lorsque la hiérarchie est fortement marquée, la diffusion se fait selon le mode hiérarchique, dès que celle-ci diminue, l'espace à diffuser devient homogène et le mode de diffusion est contagieux. L'élément déterminant dans le processus de diffusion est les propriétés des portions de l'espace ; si celles-ci sont distribuées de manière discontinue dans l'espace, la diffusion suivra un mode hiérarchique ; si elles sont distribuées de manière homogène dans tout l'espace à diffuser, le mode de diffusion sera contagieux, c'est-à-dire que la distance à l'origine sera alors un facteur déterminant. Les données utilisées ne permettent pas de distinguer le niveau d'adoption collectif de l'individuel ; de ce fait, l'influence de la structure socio-économique de la population ainsi que celle des réseaux de communication restent dans l'ombre (voir figure 6). Malgré les particularités de la structure démographique, économique, de la localisation spécifique à chacun des réseaux, leur croissance suit une évolution régulière et semblable, caractérisable par la courbe logistique. Cette similitude est liée au processus même de diffusion et plus généralement à tout processus de croissance.

L'étude de la localisation des données a montré que les facteurs agissant sur la croissance des réseaux sont répartis de façon discontinue. Cette répartition est mise en évidence par la difficulté de déterminer une tendance régionale et par la complexité de cette dernière lorsqu'elle existait. Seule l'évolution des densités tend à un certain ordre spatial. Le but d'une étude géographique n'est pas de trouver à tout prix un ordre spatial, mais de chercher les facteurs qui définissent cette répartition ainsi que l'influence que joue la localisation sur le processus étudié. La position dans l'espace des réseaux intervient dans l'année de création de ceux-ci et dans leur densité d'abonnés. L'étude de la distribution spatiale des variables présentées dans ce travail fait donc ressortir certains facteurs qui ont agi dans le processus de diffusion tels que la population, l'année de création des réseaux, leur distance à l'origine de la diffusion, ainsi que leur structure économique. Tous ces facteurs ne sont pas indépendants, mais interagissent. Chercher le facteur à l'origine de ce processus rétroactif serait vain, causes et conséquences étant étroitement liées.

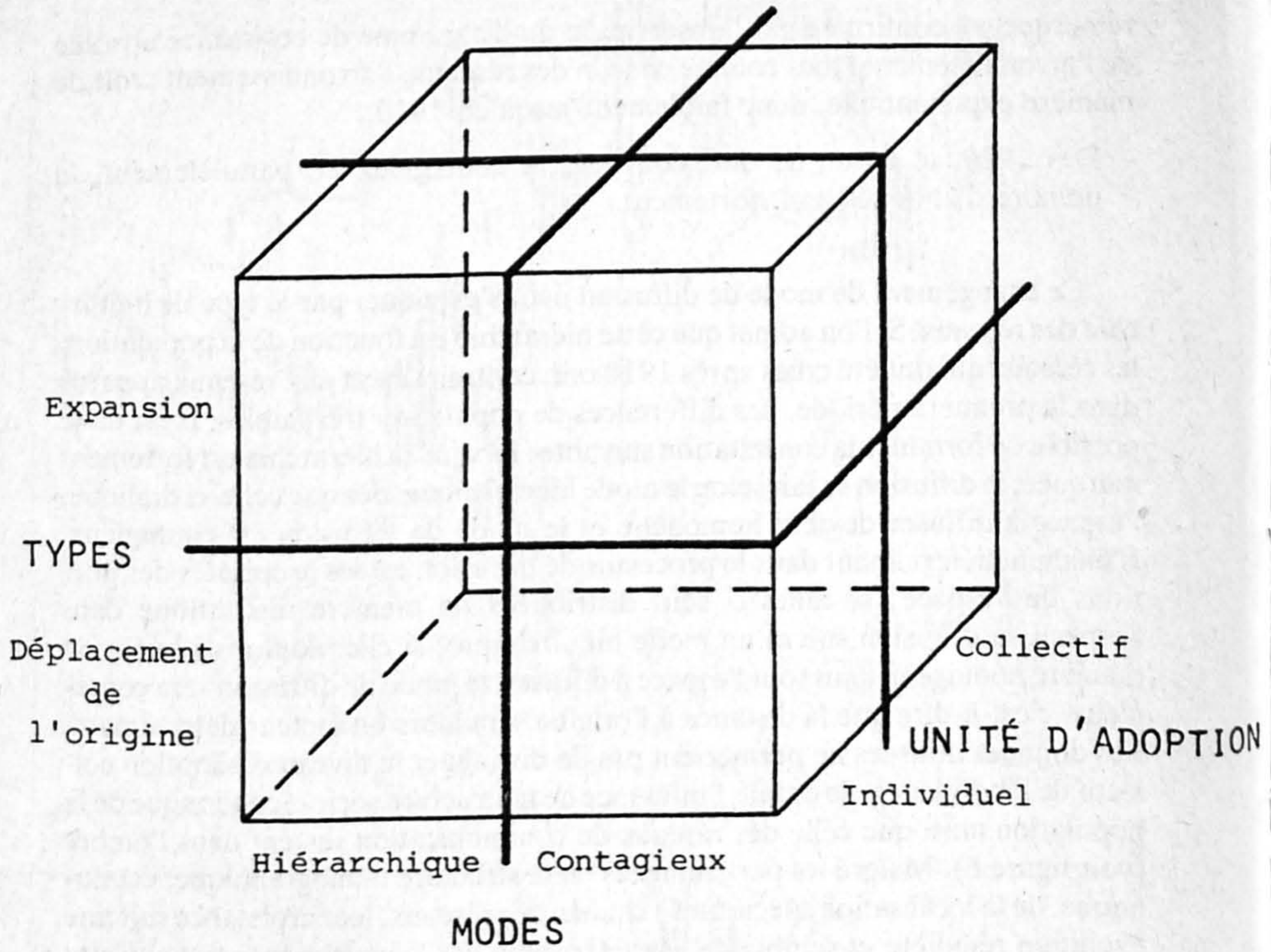


Figure 6: Rapports entre types, modes et unité d'adoption de la diffusion.

Bibliographie

- ABLER, ADAMS, GOULD, *Spatial organization*, Prentice Hall, Londres, 1971.
- ALVES W. R., MORILL R. L., *Diffusion theory and planning*, in *Economic Geography*, July 1975 (p. 291-302).
- CHORLEY R. J., HAGGETT P., *Models in Geography*, Methuen, Londres, 1967.
- COLLET C., *Théorie de la diffusion spatiale et application au cas de la diffusion du téléphone dans l'arrondissement de Lausanne*, Mémoire de Licence, Fribourg, 1977.
- GOULD, *Spatial diffusion*, Resource paper N° 4, Association of American Geographers, 1969.
- HAGGETT P., *Analyse spatiale en géographie humaine*, traduit en français par H. Fréchou, A. Colin, 1973.
- HAGGETT P., *Geography, a modern synthesis*, Harper and Row, New York, 1975.
- HUDSON J. C., *Geographical diffusion theory*, Studies in geography N° 19, Evanston, 1972.
- KIBEL B. M., *Simulation of the urban environment*, Technical paper N° 5, Association of American Geographers, 1972.
- KILCHENMANN A., *Räumliche Diffusion*, Geographisches Institut der Universität Karlsruhe, 1976.
- KOLARS J. F., NYSTUEN J. D., *Human geography, spatial design in world society*, Mc Graw Hill, 1974.
- LOBODA J., *Television in Poland*, in *Economic Geography*, January 1974, (p. 70-82).
- MORILL R. L., MANNINEN D., *Critical parameters of spatial diffusion processes*, in *Economic Geography*, July 1975, (p. 269-277).
- NILSSON C., *Regional trends in diffusion of innovations*, in *Geografiska Annaler* N° 2, 1975.
- PEDERSON P. O., *Innovation diffusion within and between national urban systems*, in *Geographical Analysis*, July 1970, (p. 203-254).
- PERROUD A., *Allométrie, étude théorique et application à l'agglomération zurichoise entre 1850 et 1970*, Mémoire de diplôme, Fribourg, 1977.
- DE ROSNAY J., *Le Macroscopie, vers une vision globale*, Seuil, Paris, 1974.
- UNWIN D., *An introduction to trend surface analysis*, CATMOG, Londres, 1975.
- YEATES M. H., *An introduction to quantitative analysis in economic geography*, Mc Graw Hill, 1968.

L'ALLOMÉTRIE: THÉORIE ET APPLICATION À L'AGGLOMÉRATION ZURICHOISE, DE 1850 À 1970

par Anne PERROUD¹

Si le concept d'allométrie est apparu tôt en biologie (le principe a été formulé par Huxley en 1932), il est resté longtemps ignoré de la géographie. L'explosion des publications récentes qui manifestent un intérêt nouveau pour l'analyse « holistique », a mis en évidence de nombreuses similitudes entre les différentes disciplines de la science. On ne saurait s'étonner que les géographes qui, de longue date, comparent la ville et la région à un organisme, aient cherché des analogies entre comportement biologique et évolution de l'espace. C'est l'école anglo-saxonne qui a commencé à exploiter les méthodes biologiques en géographie, et la comparaison s'est imposée aisément dans le domaine de la croissance relative. Si ces recherches se sont rapidement révélées fructueuses, le terme d'allométrie reste barbare en Europe. Pourtant, l'intérêt de la loi de croissance allométrique, qui permet de quantifier, à l'aide d'une formule extrêmement simple, les relations entre la croissance d'un organe et celle de l'organisme, est incontestable.

Le but de cet article est double. Il se veut d'abord informatif : comme presque toute la littérature qui traite de la croissance relative est anglaise, il paraissait nécessaire de clarifier la notion même d'allométrie. La première partie s'y attache, développant la signification de la loi de croissance relative en biologie et justifiant son transfert en géographie. La deuxième partie, plus pratique, utilise la loi allométrique dans le cadre d'une étude de la densification de l'agglomération zurichoise.

1. Le transfert de l'allométrie à la géographie

a. Introduction

L'utilisation, en géographie, de la loi allométrique, élaborée en biologie, ne saurait se justifier sans référence à la *Théologie Générale des Systèmes*. Naguère, la science essayait d'expliquer les phénomènes observables en les réduisant à un jeu d'unités élémentaires, qui puissent être étudiées indépendamment les unes des autres. Cette procédure analytique, qu'on a appelée « l'approche atomisti-

¹ Institut de Géographie, Université, bd de Pérolles, CH-1700 Fribourg.

que », a été fondamentale dans la science dite « classique ; elle fut décrite par Descartes dans le *Discours de la Méthode* : (II^e partie, règles 2 et 3)

... diviser chacune des difficultés en autant de parcelles qu'il se pourrait et qu'il serait requis pour les résoudre, puis conduire ses pensées en commençant par les objets les plus simples et les plus aisés à connaître pour monter peu à peu, comme par degrés, jusqu'à la connaissance des plus composés, supposant de l'ordre même entre ceux qui ne se précèdent point naturellement les uns les autres...

Cette méthode s'exprime surtout par la recherche d'unités « atomiques », et par leur résolution en chaînes causales isolables. L'application de cette procédure analytique suppose pourtant deux conditions : d'abord, il faut que les interactions entre les parties soient inexistantes ou suffisamment faibles pour être mises de côté dans l'analyse. A cette condition, les parties pourront être isolées véritablement, logiquement et mathématiquement, puis réunies pour reconstituer l'être étudié. Ensuite, les relations décrivant le comportement des parties doivent être linéaires. Dans ce cas, et dans ce cas seulement, on aura la condition de sommativité, c'est-à-dire que l'équation décrivant le comportement de l'ensemble aura la même forme que celles qui concernent le comportement des parties. Les processus partiels peuvent alors être superposés pour obtenir le processus final.

Des conceptions nouvelles apparaissent dans la science contemporaine, qui s'attachent à la « totalité » : il ne suffit plus d'étudier les constituants et les processus de façon isolée, il faut encore résoudre les problèmes décisifs que posent l'organisation et l'ordre qui les unissent. Cette organisation et cet ordre résultent de l'interaction dynamique des parties, et rendent leur comportement différent, selon qu'on les étudie isolément ou comme appartenant à un tout. Les systèmes, ensembles d'éléments en interaction forte, non linéaire, ne peuvent s'appréhender par l'étude de leurs parties prises séparément. L'approche « holistique », globale, s'impose ici.

Ainsi, le problème fondamental qui est posé à la science moderne est celui d'une théorie générale de l'organisation : les concepts d'ordre, de totalité, de différenciation, apparaissent partout, en biologie, en physique, en sciences sociales et du comportement. Cette correspondance dans le développement des diverses sciences est particulièrement frappante, car la nouvelle tendance a pris son essor de façon indépendante, se fondant sur des faits différents ou des philosophies contradictoires. Bertalanffy, notant l'apparition de similitudes structurelles, les *isomorphismes*, dans des domaines différents, élabora une *Théorie Générale des Systèmes* (1903) prouvant l'existence de propriétés générales des systèmes. La loi de croissance exponentielle, par exemple, peut s'appliquer à certaines cellules bactériennes, à des populations de bactéries, d'animaux ou d'êtres humains et au progrès de la recherche scientifique, si on le mesure par le nombre de publica-

tions sur les sciences en général. Les êtres en question, cellules, bactéries, animaux, hommes ou livres diffèrent totalement, de même que les mécanismes causaux impliqués. Il s'agit néanmoins de la même loi mathématique. La correspondance existe, parce que ces entités peuvent être considérées, à certains égards, comme des systèmes. Ainsi, les principes qui gouvernent le comportement d'êtres intrinsèquement différents se correspondent : il existe des modèles, des principes et des lois qui s'appliquent aux systèmes généralisés, sans tenir compte de leur espèce particulière, de la nature de leurs éléments, et des relations entre ceux-ci. C'est l'existence de ces isomorphismes qui permet d'utiliser en géographie des lois physiques – comme la loi de gravité de Newton, qui mesure l'attraction réciproque de deux villes – économiques ou biologiques – pour mesurer la croissance, absolue ou relative, des systèmes spatiaux.

Bertalanffy pense que sa *Théorie Générale des Systèmes* pourrait même, par l'étude poussée des isomorphismes, conduire à une unification de la science. Cette opinion optimiste est partagée par Warntz (1973), qui écrit :

... la géographie a beaucoup à bénéficier de l'application des concepts existant dans la Théorie Générale des Systèmes. Cette théorie tire, elle aussi, parti du travail des géographes. ... L'intégrité de la géographie comme discipline sera acquise si l'on réalise que la géographie trouve sa place dans la Théorie Générale des Systèmes, et qu'elle est responsable d'une Théorie Générale des Systèmes Spatiaux, lorsque l'espace impliqué est géographique. Une telle organisation de la discipline rendrait en outre possibles la compréhension et la communication entre les subdivisions spéciales de la branche et entre la géographie et les autres disciplines.

b. Croissance absolue et croissance relative

La notion d'optimalité dans les systèmes est un aspect important de l'analyse systémique. L'optimalité a toujours été une des affirmations fondamentales de la science. L'idée que la nature recherche, dans ses travaux, l'économie maximum est un des plus anciens principes de la théorie scientifique. Les systèmes physiques, on l'a démontré, opèrent selon de tels principes. L'étude de Zipf (1949) sur le principe du « moindre effort » dans le comportement humain prouve que de tels principes sont appropriés à l'étude des systèmes sociaux. Dans l'organisation spatiale, c'est la compétition pour l'espace qui justifie l'intérêt pour les principes d'optimalité.

La croissance est un des phénomènes principaux qui, affectant notablement les systèmes biologiques, sociaux ou spatiaux, mène à un état optimal. D'un point de vue statistique, la croissance peut se définir comme un mode de comportement de certaines grandeurs en fonction du temps : c'est alors la croissance *absolue* que l'on mesure. L'évolution des grandeurs observées au cours du temps est souvent caractérisée par un mouvement systématique de caractère monoto-

nique, suffisamment régulier sur une durée assez longue pour permettre un ajustement des séries sur un « trend. » La croissance absolue apparaît donc comme un mouvement de longue durée, et correspond à l'idée d'un progrès mesurable. On peut ainsi mesurer la croissance *en fonction du temps* des éléments d'un système, ou d'un système entier.

La croissance d'un système impliquant de nombreuses relations à tous les niveaux, on peut s'attendre à ce qu'il existe, entre les croissances des différentes parties, des relations mathématiques plus ou moins indépendantes des facteurs externes, mesurant la croissance *relative*. Ainsi, si l'on mesure les parties d'un système et qu'on les compare avec des mesures faites sur d'autres parties du système ou avec le système entier durant la croissance, on trouve fréquemment une relation mathématique fondamentale, *la loi allométrique*, de la forme :

$$y = ax^b$$

C'est une fonction puissance, et non exponentielle, qui traite de la relation entre la croissance et la forme, et entre la taille et l'organisation, plutôt que de la croissance et de la taille absolues. L'équation allométrique signifie ainsi qu'une certaine caractéristique y peut s'exprimer comme une fonction-puissance d'une autre caractéristique x . Dans le cas de la morphogénèse, la longueur ou le poids d'un certain organe y est en général fonction allométrique du format d'un autre organe, ou de la longueur et du poids de l'organisme en question, x . L'équation $y = ax^b$ établit que le taux de croissance relative des parties y et x reste dans un rapport constant au cours de la vie ou durant un cycle de vie.

Huxley (1932), qui formula le premier la loi de croissance allométrique en biologie, illustra l'importance de la taille dans la compréhension de la forme par l'exemple de la croissance des pinces de crustacés. Même si les systèmes géographiques diffèrent énormément des organismes biologiques, cet exemple mérite d'être cité pour mettre en évidence les perspectives différentes de la croissance absolue et relative. Huxley nota que la pince de crustacé avait un taux de croissance valant $8/5$ de la croissance totale du crabe et ajouta :

...Nous pouvons être parfaitement sûrs que le taux de croissance du crabe et de sa pince diminue avec l'âge, qu'il diffère en été et en hiver, et qu'il est sujet à toutes sortes de variations dues à la température, aux remous et à d'autres facteurs. Les taux effectifs peuvent être de 8000 à 5000 au début de la vie, de 160/100 plus tard, de 4/2,5 à l'âge mûr, et de 0,08/0,05 à l'extrême vieillesse. Pourtant, comme le rapport de 8/5 est préservé, la taille de la pince gardera toujours le même rapport avec la taille du corps. A un corps d'un poids donné sera attachée une pince dont le poids sera – approximativement – le même, que le corps ait grandi pendant trois semaines ou trois ans...

L'importance de l'allométrie pour la compréhension de la forme et de l'organisation provient donc du fait que fondamentalement toute forme résulte d'une croissance différentielle. Les changements de forme sont l'expression de taux de croissance différents des composants durant la croissance du système, de façon à ce qu'ils prennent des proportions variables du système. La taille du système va alors offrir une mesure meilleure de sa forme que son âge et que le temps.

c. Interprétation de l'allométrie

La forme la plus simple de l'équation allométrique $y = ax^b$ se traduit en coordonnées logarithmiques par une droite de la forme $y = ax + b$:

$$\log y = b \log x + \log a$$

y est la variable dépendante, x la variable indépendante,
 b la pente de la droite d'ajustement (le coefficient allométrique)
 a l'interception de l'axe des y par la droite.

On peut distinguer, sur la base du coefficient allométrique, trois catégories d'allométrie simple:

- si $b = 1$, y croît à la même vitesse qu' x et la forme reste inchangée durant l'accroissement en taille du système. L'équation prend alors la forme simple d'une droite en coordonnées ordinaires, décrites par la formule $y = ax^1$. On parle alors d'*isométrie*.
- si $b > 1$, l'intensité de croissance d' y est plus grande que celle d' x . L'organe y s'empare d'une plus grande quantité que l'organisme x , il croît plus vite que celui-ci. C'est le cas de l'allométrie *positive*, ou *majorante*.
- si $b < 1$, l'organe y croît plus lentement, il présente une allométrie *négative*, que l'on nomme parfois *énantiométrie*.

Des relations d'allométrie ont été mises en évidence dans les domaines les plus divers: elles s'appliquent à des phénomènes biologiques, en morphologie, biochimie, physiologie, évolution. En sociologie, c'est la loi de Pareto, loi de distribution des revenus dans une nation, qui énonce que $y = ax^b$, avec y le nombre d'individus gagnant un certain revenu, x le montant du revenu, a et b des constantes. Warntz (1973) a utilisé une relation de ce type dans son étude de la distribution spatiale des revenus aux Etats-Unis. Le rapport simple de l'allométrie joue tant pour la différenciation sociale et la division du travail dans les sociétés primitives que pour mesurer les processus d'urbanisation. Naroll et Bertalanffy (1956) ont ainsi appliqué l'allométrie à la croissance de la population urbaine par rapport à la population rurale pour quelques pays d'Europe.

2. Application de l'allométrie à un espace urbain suisse

a. Introduction

Le propos de cette seconde partie est de montrer comment l'allométrie a été utilisée pour étudier, dans le cadre de l'agglomération zurichoise, le dynamisme des communes, leur aptitude à croître, de 1850 à 1970. L'évolution des densités de population sert de mesure de ce dynamisme.

Comme il s'agit avant tout de faire œuvre de géographe, dont les préoccupations sont relativement différentes de celles d'un économiste, d'un sociologue ou d'un urbaniste, c'est l'espace qui est le centre d'intérêt de la recherche. Le but en est d'abord de mettre en évidence la façon dont le processus de densification se répartit et évolue dans l'espace, et de relever si l'espace agit de façon spécifique sur la croissance en densité.

Si la cartographie des densités de population permet, à partir de représentations statiques en des dates précises, de reconstituer l'évolution spatiale des densités, le coefficient allométrique, plus synthétique, mesure pour toute une période l'aptitude des communes à croître, leur compétitivité dans le processus de densification de l'espace. C'est aussi un indice de l'« organicité » de la place urbaine : si, en effet, la plupart des communes suivent, par rapport à l'agglomération, la loi de croissance allométrique, on peut supposer l'existence de processus de régulation, et des interrelations de type organique. L'allométrie permet, en outre, de mettre en évidence différentes phases technologiques, reconnaissables aux ruptures dans les droites de régression. Pourtant, le but de cette analyse est avant tout de savoir si la croissance allométrique est un phénomène spatial, de voir dans quelle mesure la localisation dans l'espace influence le mode de croissance. Les cartes de tendance seront d'importance primordiale dans cette étude.

L'allométrie est utilisée ici de deux façons : elle mesure d'abord les relations entre croissance en densité de chacune des communes (y , l'organe) et croissance de toute l'agglomération (x , l'organisme), durant la période 1850 à 1970. Comme il y a rupture, dans la plupart des droites de régression, à une date correspondant approximativement au début du siècle, les calculs sont refaits, dans une seconde phase, pour la période 1900-1970.

b. La densification de l'espace urbain de 1850 à 1970

Une première régression, entre croissance de densité de chacune des communes (x , l'organe) et celle de l'agglomération entière (y , l'organisme), permet de mesurer, pour toute la période d'étude, l'aptitude des communes à croître dans le processus de densification de la place urbaine. Le sous-programme Scattergram du SPSS (Statistical Package for the Social Sciences, Normann H. Nie, Chicago 1970) a calculé, pour chacune des communes, une droite de régression

mettant en relation les 12 couples de données correspondant aux 12 dates de recensement disponibles, en utilisant la formule suivante :

$$\log y_i = \log a_i + b_i \log x$$

avec y_i : la densité de population de la commune i à chaque date

x : la densité de population de l'agglomération aux mêmes dates

b_i : la pente de la droite de régression, le coefficient allométrique de la commune i

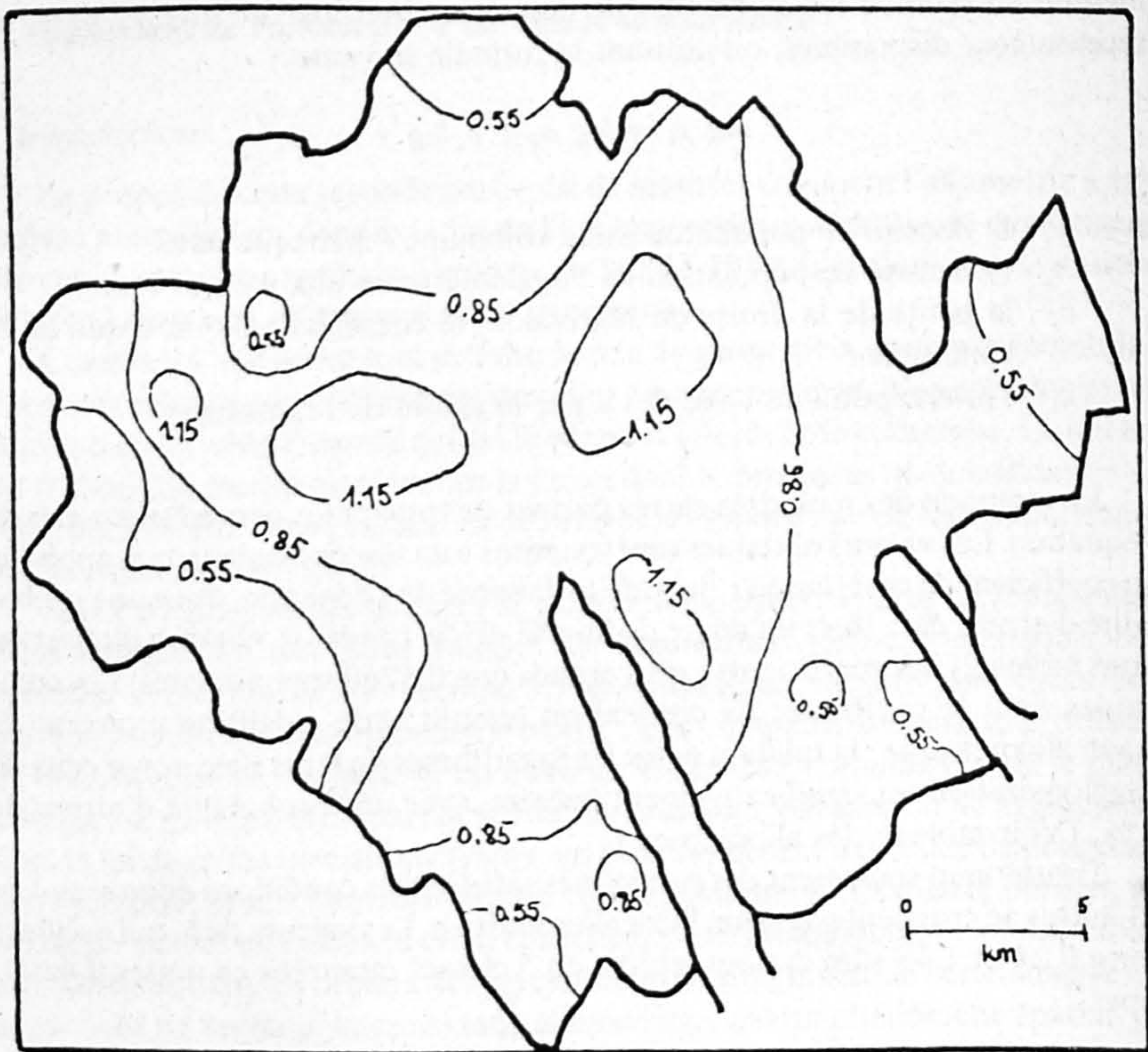
a_i : l'interception de l'axe des y par la droite de régression.

La méthode des moindres carrés permet de trouver les paramètres a et b de l'équation. Les valeurs obtenues sont soumises à un test de Student, qui, appliqué au coefficient de corrélation r , juge de la linéarité de l'équation. Pour une probabilité d'erreur de 5 % et un degré de liberté dF de 10 (dF = nombre d'observations moins 2), les coefficients r plus grands que 0.5760 sont acceptés. Les communes dont le coefficient de corrélation remplit cette condition croissent de façon allométrique : la relation entre les logarithmes de leurs densités et ceux de l'agglomération est significativement linéaire, avec une probabilité d'erreur de 5 %. (Voir tableau des allométries.)

Trente-neuf seulement des communes satisfont les conditions énoncées. Les 12 autres ne croissent pas selon la loi allométrique. Les valeurs de b , qui oscillent entre 0.24 et 1.48 sont cartographiées en 5 classes mesurées en unités d'écart-type :

1	moins de 0.55 :	forte allométrie négative
2	0.55-0.85 :	allométrie négative
3	0.85-1.15 :	isométrie
4	1.15-1.45 :	allométrie positive
5	1.45 et plus :	forte allométrie positive

L'analyse de la carte 1, isoplèthe, permet de distinguer une grande zone isométrique qui, regroupant 12 communes centrales, se prolonge vers le sud et étend deux pseudopodes vers le nord-est et le nord-ouest. Cette zone est rompue par 3 noyaux qui, caractérisés par une allométrie positive, correspondent à quatre communes de croissance rapide : Schlieren, Dietikon, Opfikon, Wallisellen. Les allométries négatives (23 communes) se développent plus à la périphérie de l'agglomération : zone argovienne, nord-ouest, est et zone comprise entre le lac de Zurich et le Greifensee. Les 12 communes non allométriques correspondent à l'extrême limite de l'espace urbain : cadran nord-ouest, cadran sud-ouest et rives du Greifensee.



Carte 1: Croissance allométrique dans l'agglomération zurichoise: carte isoplèthe, 1850-1970.

La carte représente donc un noyau dominant, entouré d'une succession de couronnes dont chacune se caractérise par un dynamisme particulier, qui varie avec la distance du centre. Chaque zone successive voit son allométrie décroître et il y a, effectivement, un « gradient de dynamisme » à partir du noyau central. Toutefois, cet effet de distance est en partie oblitéré et n'apparaît pas ici de façon extrêmement évidente, car le centre s'est scindé en trois parties, l'agglomération développant une structure polynucléique. Les zones qui, contrairement aux deux pseudopodes du nord-est et du nord-ouest, n'ont pas un accès aisé et direct aux principales voies de communication (Zurich-Baden, Zurich-Winterthour) croissent moins vite que l'ensemble de l'espace urbain, et c'est dans les régions les plus éloignées que se trouvent les communes dont la croissance ne s'ajuste pas au modèle allométrique.

Tableau des allométries

Localités	1850-1970	1900-1970	Localités	1850-1970	1900-1970
Zurich	1.12	0.87	Dübendorf	0.92	1.71
Adliswyl	0.96	0.91	Fällanden	—	1.16
Kilchberg	0.99	1.15	Maur	—	0.71
Oberengstringen	1.12	2.40	Schwerzenbach	0.73	1.70
Schlieren	1.48	1.67	Wangen	0.64	0.83
Zollikon	1.15	1.67	Æsch bei Birmensdorf	—	—
Opfikon	1.28	2.44	Birmensdorf	0.34	0.76
Wallisellen	1.21	1.74	Geroldswil	1.02	2.26
Langnau am Albis	0.46	0.65	Ætwil an der Limmat	—	0.86
Rüschlikon	0.85	0.96	Weiningen	0.42	1.05
Küsnacht	0.82	1.21	Niederglatt	0.54	1.18
Dietikon	1.27	1.65	Niederhasli	—	0.82
Uitikon	0.85	1.89	Oberglatt	0.51	1.14
Untereingstringen	0.87	1.56	Illnau	0.53	1.18
Urdorf	0.90	1.97	Greifensee	—	—
Bonstetten	—	0.74	Volketswil	—	0.98
Stallikon	—	0.43	Bergdietikon	0.24	0.59
Wettswyl	—	1.17	Spreitenbach	0.63	1.23
Bassersdorf	0.71	1.35	Berikon	0.37	0.64
Dietlikon	0.93	1.59	Rudolfstetten-Friedlisberg	0.57	1.24
Kloten	0.89	2.10	Widen	0.43	1.26
Buchs	—	0.75			
Dällikon	—	—			
Regensdorf	0.78	1.51			
Rümlang	0.69	1.43			
Oberrieden	0.60	0.98			
Thalwyl	0.86	0.54			
Erlenbach	0.83	1.23			
Herrliberg	0.60	1.26			
Zumikon	0.54	1.38			

Si le commentaire de la carte isoplèthe permet déjà de dégager un effet de distance influençant la répartition spatiale des coefficients allométriques, l'analyse de tendance complète cette image.

L'analyse des tendances (trend surface analysis) est utilisée dans l'analyse du changement dans l'espace. C'est peut-être le seul outil statistique véritablement géographique. L'hypothèse de cette méthode est qu'une série spatiale comporte une tendance régionale, systématique, et la différence avec celle-ci. Le résultat en est donc une décomposition de chaque observation en une composante associée à la tendance régionale (la valeur prédite par la surface de trend), et en une composante associée au pur effet local, la valeur résiduelle. La composante de trend correspond à un processus de vaste échelle, opérant sur une surface étendue. Associée à des changements à vaste échelle, cette fonction se comporte de façon prévisible.

Se surimposant aux configurations régionales apparaît une composante locale, résultat de la combinaison de fluctuations dues au hasard ou non, et d'erreurs de mesure. Ce sont les résidus, qui correspondent à des variations apparemment non systématiques, et qui semblent souvent disposés au hasard dans l'espace. Ils peuvent être reliés à des processus aspatiaux qui ne varient pas systématiquement dans la zone cartographiée.

Cette décomposition en deux composantes est obtenue par l'ajustement à un modèle mathématique à l'aide de la méthode des moindres carrés. Elle s'exprime par l'équation suivante :

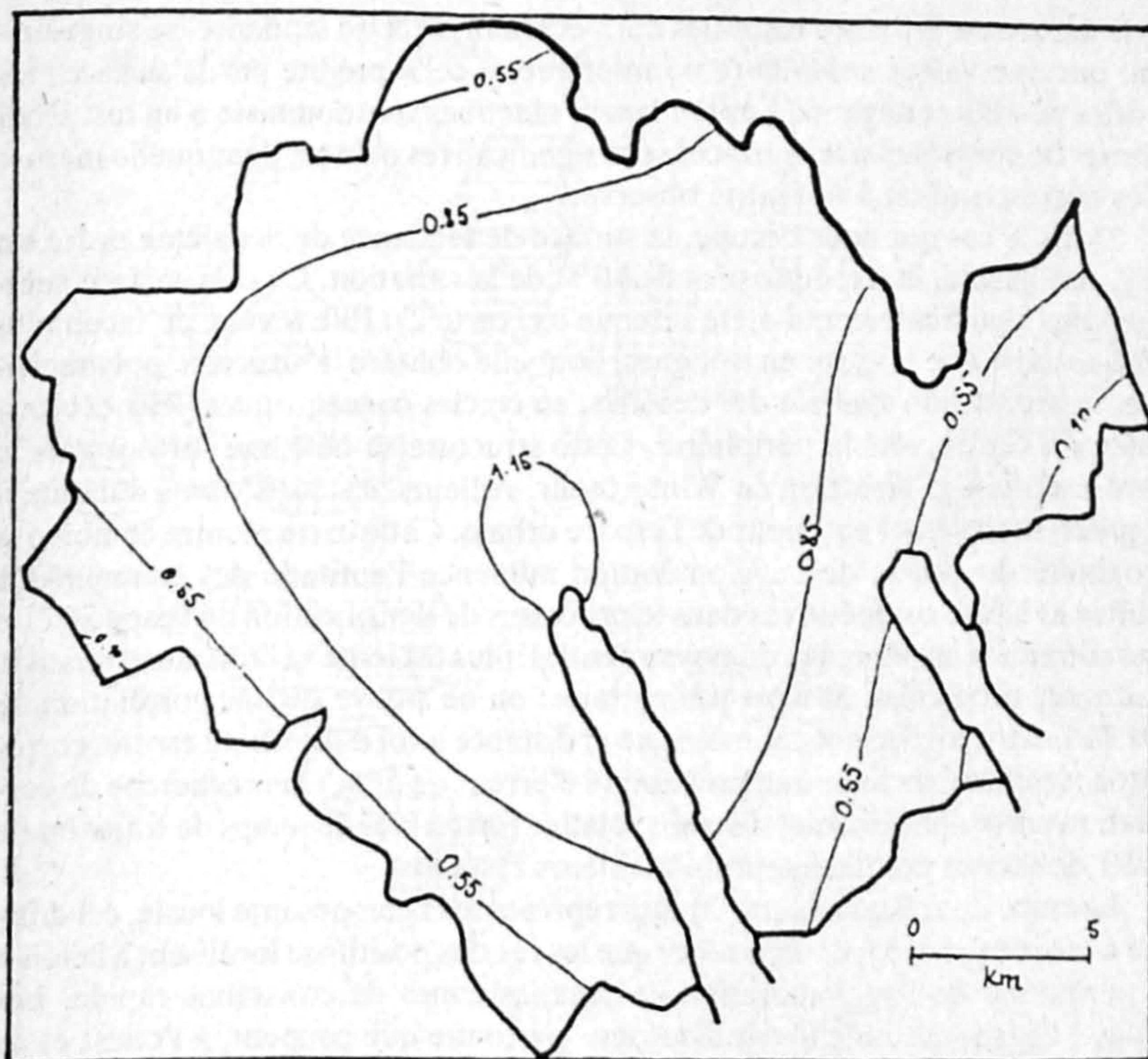
$$Z_{obs\ i} = f(x_i, y_i) + u_i$$

où $Z_{obs\ i}$ est la valeur observée au point (x_i, y_i)
 $f(x_i, y_i)$ est la composante de trend à ce point
 u_i est le résidu à ce point.

Le modèle le plus simple, de premier ordre, ajuste les valeurs observées à un plan incliné, donné par la formule :

$$Z_{ti} = a_0 + a_1x_i + a_2y_i$$

avec: Z_{ti} la composante de trend
 a_0 la hauteur de la surface à l'origine de la carte
 a_1 le taux de variation de la surface le long de l'axe x
 a_2 le taux de variation de la surface le long de l'axe y
 a_0, a_1, a_2 sont des valeurs constantes dans toute la surface.



Carte 2 : Surface de tendance de troisième ordre, représentant la composante régionale de l'allométrie, pour la période 1850 à 1970.

Il est clair pourtant qu'en géographie humaine, les variables observées s'ordonnent rarement selon une tendance régionale assimilable à un plan. Le modèle peut alors devenir bien plus complexe, et ajuster les observations à d'autres formes de surfaces, définies par des formules de plus en plus élaborées, d'ordre deux, trois, etc. Le programme Symap (version 1975, Harvard University) permet le calcul, et la représentation en cartographie automatique, de surfaces de tendance et de résidus atteignant le sixième ordre.

Dans le cadre de l'analyse du dynamisme des densités, on utilise l'analyse de tendance pour voir dans quelle mesure la localisation spatiale des communes influence leur comportement dans le processus de densification. Son but est donc essentiellement d'aider à la description. Elle permet de dégager ce qui, dans l'évolution des densités, correspond à une tendance générale de l'espace urbain

et de mettre en évidence les zones qui s'écartent de cette tendance, se singularisant par une valeur supérieure ou inférieure à celle prédite par la surface : les résidus positifs et négatifs. Les tendances obtenues sont soumises à un test F qui permet de contrôler si les surfaces sont significatives ou non, dans quelle mesure elles correspondent à la réalité observée.

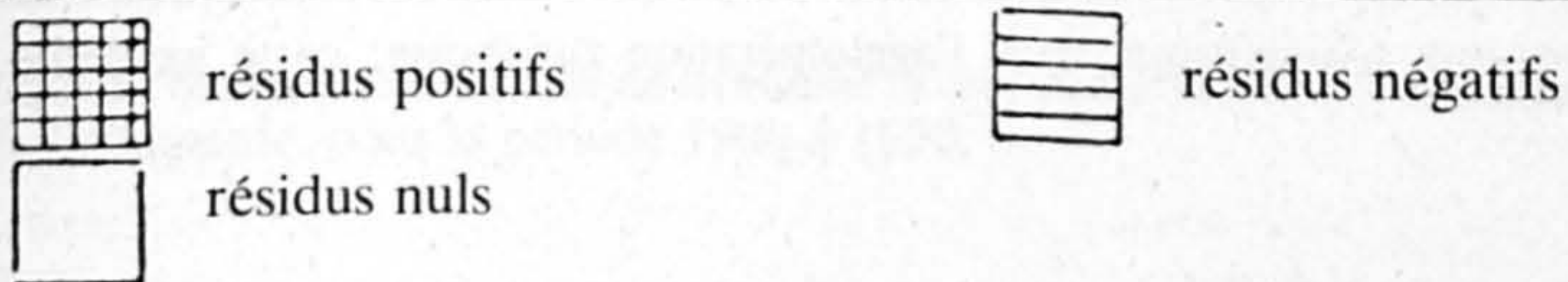
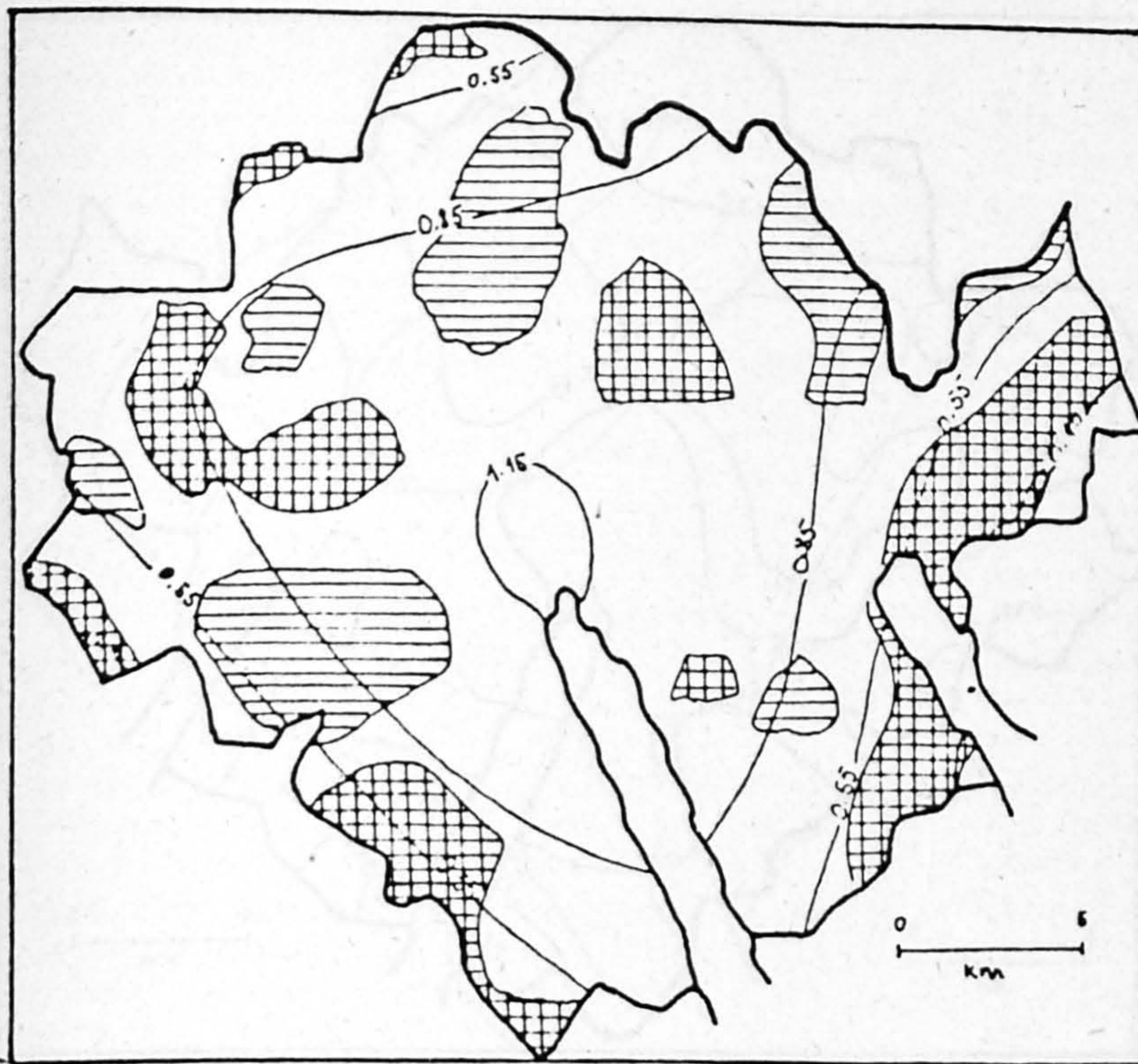
Dans le cas qui nous occupe, la surface de tendance de deuxième ordre est déjà acceptable, et explique plus de 40 % de la variation. C'est la surface cubique, plus significative, qui a été retenue ici (carte 2). Elle révèle, de façon plus schématique que la carte en isolignes, dont elle oblitère la structure polynucléique, la répartition spatiale des densités, en cercles concentriques, leur décroissance du centre vers la périphérie. Cette structure se déforme surtout vers le nord-est, dans la direction de Winterthur. Ailleurs, les coefficients diminuent régulièrement vers l'extérieur de l'espace urbain. Cette carte montre combien la proximité du centre de l'agglomération influence l'aptitude des communes à croître et à être compétitives dans le processus de densification de l'espace. Plus une commune est éloignée du noyau central, plus est lente sa croissance relative. Pourtant, cette relation n'est pas parfaite : on ne trouve qu'une corrélation de -0.314 entre coefficient allométrique et distance à vol d'oiseau du centre, corrélation significative, avec une probabilité d'erreur de 5 %. Une recherche de corrélation entre allométrie et distance relative (en termes de temps de trajet ou de coût) donnerait certainement de meilleurs résultats.

La carte des résidus (carte 3), qui représente la composante locale, est difficile à lire. On peut cependant noter que les résidus positifs se localisent à la fois à la périphérie de l'agglomération et dans les zones de croissance rapide. Les résidus négatifs semblent esquisser une couronne que coupent, à l'ouest et au nord-est, les zones de croissance rapide.

La croissance allométrique des densités est donc un phénomène fortement lié à la localisation dans l'espace, à la proximité du centre, des voies de communication et probablement de zones industrielles entraînant, comme celle d'Ærlikon. On note l'apparition de « cellules cancéreuses », croissant extrêmement vite et qui noyautent l'agglomération. Ces proliférations ne recoupent pas la ville de Zurich, mais des centres secondaires dont le dynamisme, plus tardif, est plus grand. Les communes dont le développement ne suit pas la loi allométrique sont sises à la périphérie, et correspondent aux régions que la densification n'a atteintes que très tard.

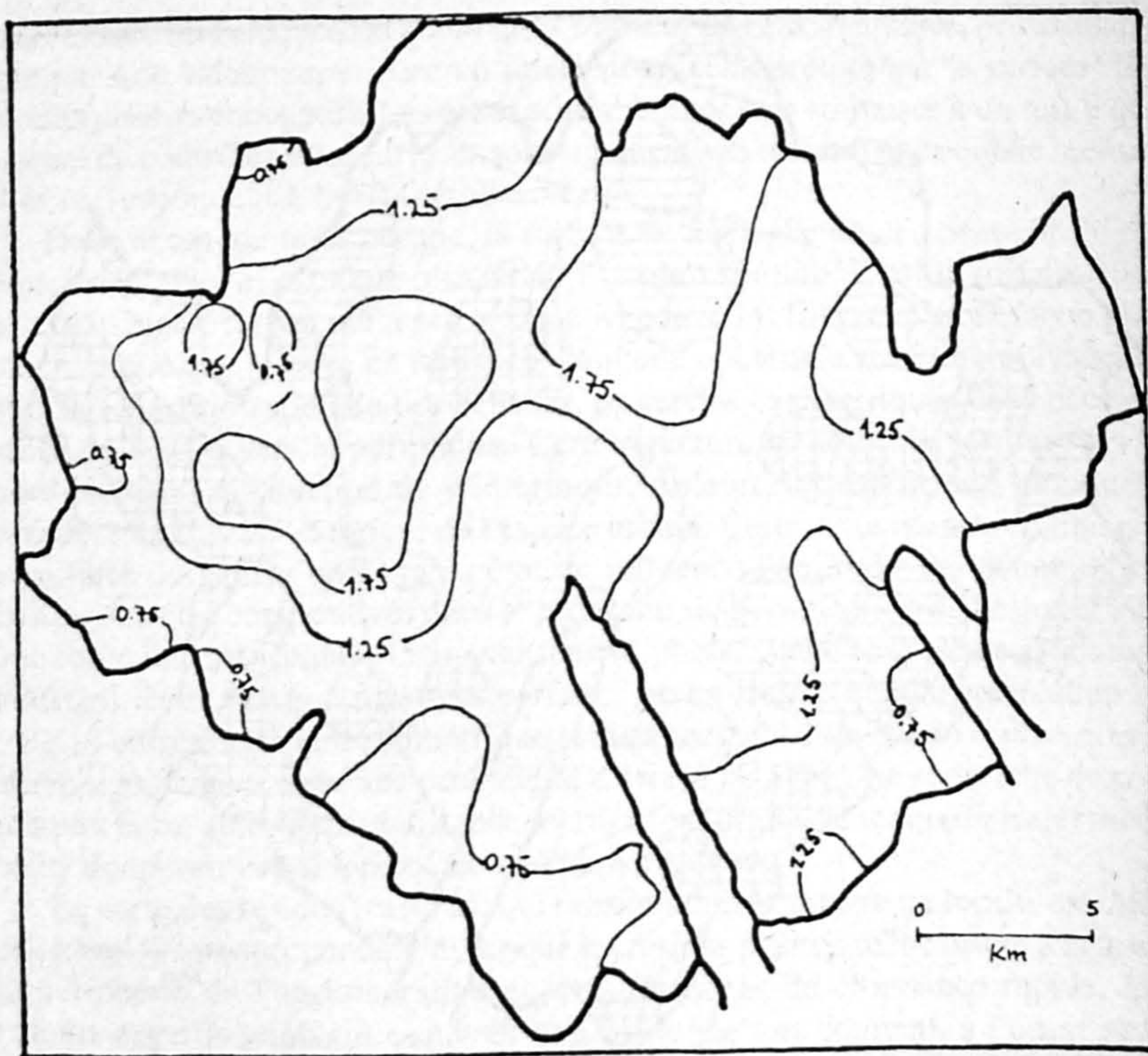
c. La densification de l'espace urbain de 1900 à 1970

Comme de nombreux diagrammes de régression montraient une rupture dans les droites d'ajustement, clivage correspondant à la date 1900, il a paru intéressant de recalculer les coefficients allométriques pour la période plus brève de 1900 à 1970. La régression s'effectue alors sur huit couples de données. Le test



Carte 3 : Carte résiduelle représentant la composante locale de l'allométrie, pour la période 1850 à 1970.

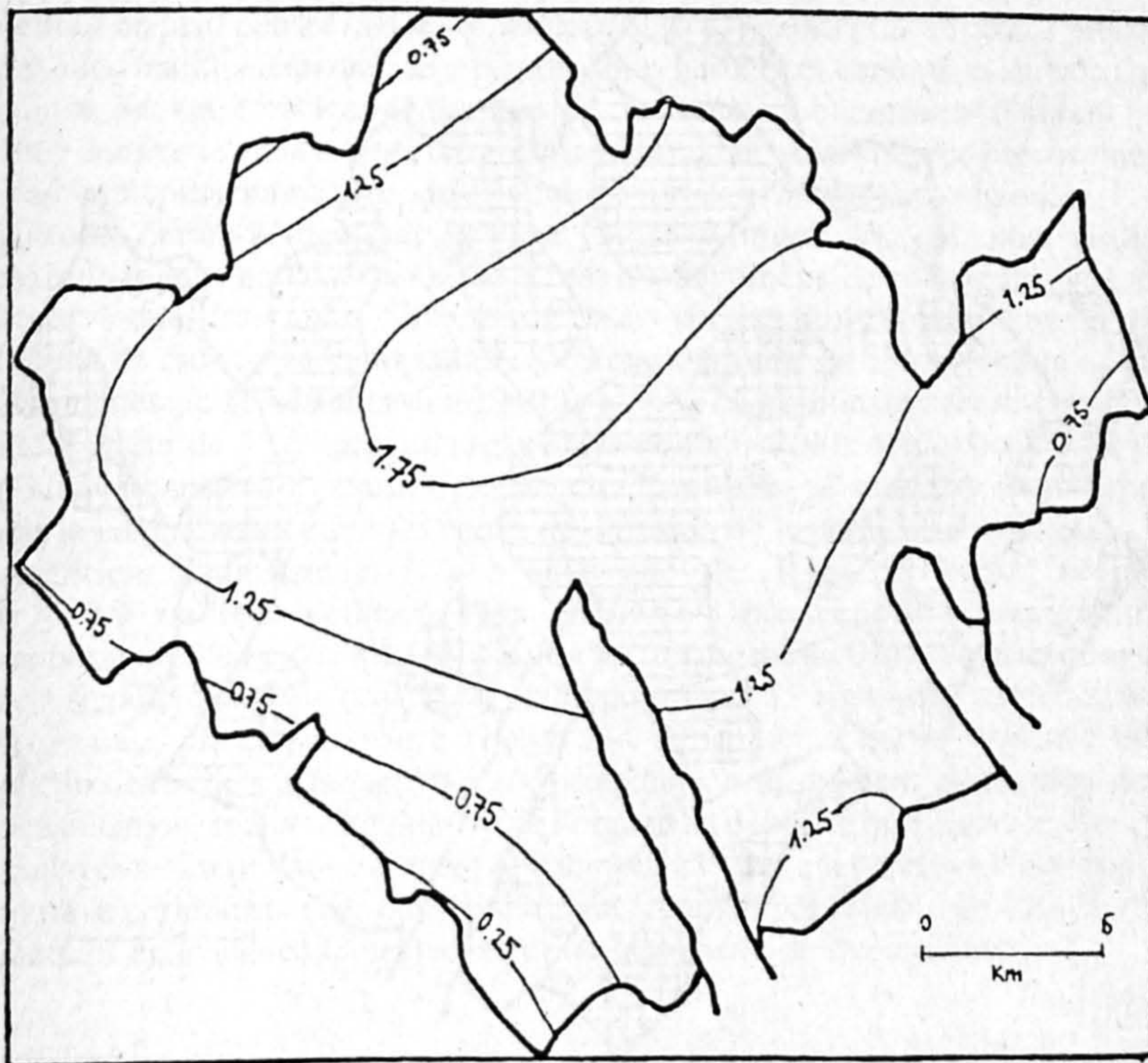
de Student n'accepte plus comme allométriques que les communes dont le coefficient de corrélation dépasse 0.7067, avec un degré de liberté de six et une probabilité d'erreur de 5%. Malgré cette hausse des exigences du test, trois communes seulement n'ont pas une croissance de type allométrique. Les autres remplissent les conditions énoncées et elles ont pour la plupart un coefficient allométrique plus élevé que précédemment (voir tableau des allométries). Cela s'explique par le fait que bon nombre de communes ont une densité qui stagne ou décroît jusqu'en 1900. A partir de cette date, la plupart des unités urbaines se densifient.



Carte 4: Croissance allométrique dans l'agglomération zurichoise: carte isoplèthe, 1900-1970.

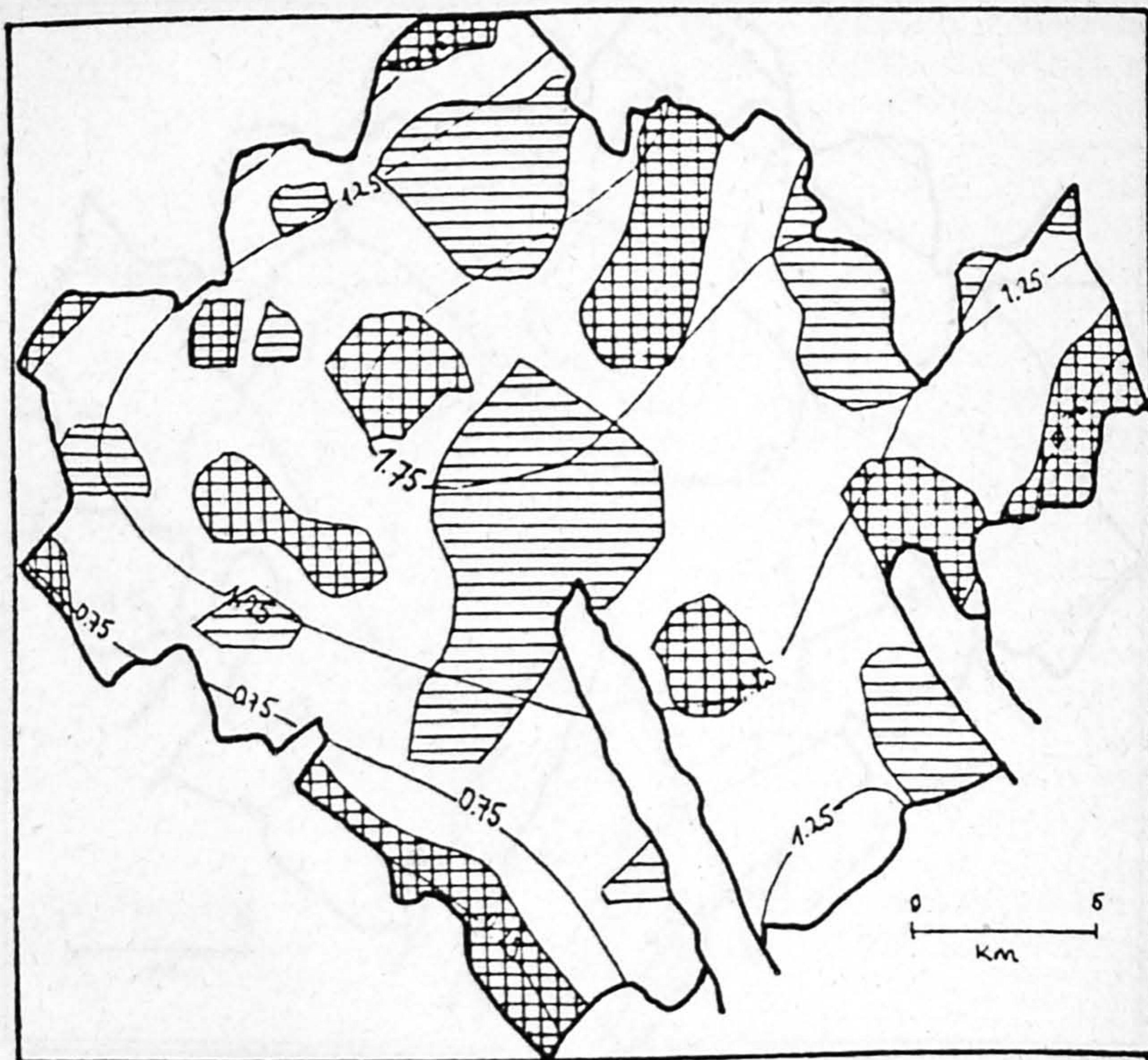
La carte 4 présente la répartition de ces nouveaux coefficients allométriques. Si la plupart des allométries négatives se localisent à la périphérie sud et à l'ouest de l'espace urbain, la zone d'allométrie positive marque la densification plus rapide d'une bande traversant l'agglomération d'ouest en est, un peu au nord de la ville de Zurich, et qui se ramifie vers Küsnacht et Schwerzenbach. Deux grands centres « cancéreux » recouvrent les communes de Schlieren, Oberengstringen, Uitikon à l'ouest, Opfikon et Kloten au nord-est.

L'apparition de la ramification de la zone d'allométrie positive vers Schwerzenbach et Küsnacht correspond peut-être à l'avènement de voies secondaires qui, à nouveau, structurent l'espace et développent le dynamisme de nouvelles zones: une voie ferrée lie Zurich à Uster, une autre mène à Rapperswil en passant au bord du lac par Küsnacht.



Carte 5 : Surface de tendance de troisième ordre, représentant la composante régionale de l'allométrie, pour la période 1900 à 1970.

L'examen des surfaces de tendance met en évidence la hausse de la composante régionale: la surface d'ordre 1 est déjà significative pour la période 1900-1970. Si cette carte n'explique que 15 % de la variation, elle montre tout de même bien le clivage entre la partie nord de l'agglomération et sa zone méridionale, où la croissance est nettement moins rapide. La surface cubique, présentée ici par la carte 5, distingue à nouveau l'effet de distance: le centre s'est à la fois déplacé vers le nord-est, et allongé entre Schlieren et Dietikon, et les coefficients décroissent vers la périphérie. L'espace qui, pour toute la période, était polarisé par le centre-ville, voit le foyer de son dynamisme modifié, et transformé en une zone allongée, septentrionale par rapport à la ville de Zurich.



Carte 6: Carte résiduelle représentant la composante locale de l'allométrie, pour la période 1900 à 1970.

La carte des résidus insiste sur la structure à noyaux multiples de l'espace urbain : deux centres de résidus positifs recouvrent les communes de Wallisellen et de Schlieren. La périphérie, marquée par une couronne discontinue de résidus positifs, est également sous-estimée par la tendance. Le centre de l'agglomération, lui, est surestimé.

La cartographie du coefficient allométrique pour la période 1900-1970 montre une forte distinction entre les taux de croissance relative de la partie septentrionale et ceux du sud, différence mise en évidence par les surfaces de tendance surtout. Comme le clivage n'apparaissait guère dans les cartes précé-

dentes, on peut penser que les communes du sud, qui ont pris leur essor plus tôt, ont aussi maintenu un taux de croissance plus faible. Les communes du nord, par contre, ont entrepris leur démarrage plus tardivement et croissent d'autant plus vite ; dans cette zone même, l'axe Zurich-Dietikon, qui a crû plus précocement, n'apparaît pas comme foyer de dynamisme fort dans la tendance régionale. C'est la zone Zurich-Kloten, sur la ligne Zurich-Winterthour, qui, plus tardive, marque le plus grand dynamisme. C'est le phénomène de rattrapage, souvent observé dans les études d'allométrie : b est corrélé positivement avec la date initiale de croissance, pour autant que l'on ne prenne en considération que les communes qui démarrent avant 1910. ($r = 0.3873$, significatif avec une probabilité d'erreur de 5 %) : plus un organe commence à croître tard, plus il croît vite pour compenser son retard. Cette relation peut aussi se constater visuellement par la comparaison entre les cartes de diffusion de la densification et celles du coefficient allométrique. Il y a aussi une très forte corrélation négative ($r = -0.97$) entre le coefficient allométrique b et l'intersection a qui représente le rapport entre taille de l'organe et taille de l'organisme au début de la croissance : cela signifie que plus l'organe est petit par rapport à l'organisme au début de la croissance, plus il va croître vite. L'allométrie met donc en évidence deux phénomènes de rattrapage, liés réciproquement au moment d'adoption de la densification, et à la taille relative de l'organe au début de la croissance. Ces rattrapages se lisent dans l'espace : la comparaison entre les cartes obtenues pour toute la période et celles qui représentent la croissance relative de 1900 à 1970 mettent en évidence le déplacement de la polarité du dynamisme.

3. Conclusion

Le premier intérêt de l'allométrie est avant tout de résumer, de synthétiser en une seule carte des observations portant sur toute la période d'étude. Elle aide à reconstituer la dynamique du processus de densification, et sa répartition dans l'espace. Cet avantage comporte pourtant des revers : le coefficient b , en représentant en un seul indice la densification durant toute l'époque, cache à la fois les fluctuations à court terme et la valeur réelle de la densité. En effet, un même b peut caractériser des communes dont les structures sont très différentes : une commune dont la densité passe de 40 à 400 habitants par kilomètre carré a, pour une période et un organisme donnés, le même coefficient allométrique qu'une commune passant de 400 à 4000 habitants par kilomètre carré. L'allométrie ne mesure donc pas la densification absolue d'une région, mais son dynamisme, son aptitude à croître dans le processus de densification de l'espace.

C'est aussi un bon indicateur de l'organicité de la ville : on a vu comment, au niveau de l'agglomération, bon nombre de communes ne croissaient pas selon la

loi allométrique durant toute la période. Mais, dès 1900, l'allométrie décrit le mode de croissance de 48 communes : l'organicité de la ville a augmenté. Cela démontre l'importance de la discrétisation du temps pour une étude portant sur l'allométrie. Les résultats sont fort différents, si l'on considère la période entière ou qu'on se contente de mesurer la croissance relative depuis le début du vingtième siècle. Dans le premier cas, la croissance relative est polarisée par le centre-ville, et l'effet de distance, entre centre et périphérie, est prépondérant. Dans le second cas, il semble que ce soient les voies de communication qui favorisent une croissance rapide, et que l'accès aux transports soit déterminant.

L'allométrie a ainsi permis de mettre en évidence, dans le système urbain zurichois, des zones de croissance fort contrastées :

- Régions à évolution rapide, qui se densifient bien plus vite que l'agglomération entière et que le centre. On peut les comparer aux tumeurs d'un organisme. Groupés au nord de l'agglomération, ce sont surtout des noyaux forts.
- Zones isométriques, qui croissent à la même vitesse que l'agglomération.
- Communes atrophiées, d'évolution lente ou presque inexistante. Ces zones sont généralement mal desservies par les voies de communication, et elles sont à bonne distance du centre. Il peut s'agir aussi, comme les communes du sud, de zones « anciennes », denses très tôt, dont la croissance semble parvenue à saturation. Notons que la recherche de corrélation entre superficie de la commune et taux allométrique ne donne pas de résultat : la taille en kilomètres carrés de la commune n'est pas un facteur limitatif de sa croissance.
- Zones qui ne connaissent pas une croissance relative correspondant au modèle allométrique. Situées en dehors des grands axes de communication, ces communes ont souvent stagné, et la croissance de leur population récente, ne date souvent que de l'après-guerre. On peut supposer qu'étudiées durant une période plus courte (de 1940 à 1970), ce que le manque de données ne permettait pas ici, ces communes auraient, comme les autres, un mode de croissance allométrique. Cette dernière remarque impose une constatation : il aurait été nécessaire de faire d'autres coupures dans le temps, plus fines. Peut-être des améliorations technologiques, dans les transports surtout, seraient-elles apparues, que l'analyse à long terme cache.

Si ce sont avant tout les éléments bien situés de l'agglomération qui sont les plus dynamiques, l'analyse des corrélations entre coefficient allométrique et d'autres variables a permis de montrer que la « taille » initiale de l'organe et le moment d'adoption de la densification sont des éléments fondamentaux de sa compétitivité. Il est clair aussi que d'autres facteurs, d'ordre économique, comme le prix du terrain, social, psychologique et même écologique (pollution, bruit, nuisances) doivent favoriser ou inhiber la densification des communes

satellites et du centre. Il est regrettable que ces données soient si inaccessibles, car une quantification des relations entre croissance allométrique et ces facteurs serait d'un intérêt incontestable. Une étude comparative entre évolution des cartes mentales des Zurichoïses et évolution de l'agglomération enrichirait indubitablement cette étude.

Si l'allométrie est devenue un aspect crucial de la *Théorie générale des Systèmes*, c'est qu'elle implique l'interdépendance et l'interaction des éléments d'un système durant la croissance. Ces interdépendances sont, de plus, mises en évidence car elles diminuent l'impact des fluctuations de la croissance absolue dans le temps. Le concept d'allométrie pourrait ainsi contribuer à éclairer la concentration spatiale et les disparités régionales, l'évolution de l'organisation spatiale des systèmes urbains et régionaux lorsque la taille croît ou que se modifie la technologie, et, plus généralement, la reconnaissance des conséquences de la taille et les limites à la croissance. En effet, l'allométrie peut s'exprimer en termes d'optimalisation. La nature exacte du principe est encore mal connue, mais les résultats de Rosen (1967), relevant que la loi rang-taille est probablement l'expression de quelque processus d'optimalisation, en montrent l'intérêt. Si les systèmes ne sont pas tous dans un état optimal par rapport à leur environnement, il n'y a aucun doute qu'une tendance sous-jacente les pousse à une efficacité maximum. Les techniques d'optimalisation, dont fait partie la loi allométrique, semblent le seul critère pour juger si un système fonctionne bien ou non, et elles sont donc vitales pour qui recherche des explications rigoureuses.

Bibliographie

- BERRY, B.J.L., *Cities as Systems within Systems of Cities*, pap. Reg. Sci. Assoc. 13, 1964.
- BERRY, B.J.L. et HORTON, F.E., *Geographic Perspectives on Urban Systems*, Prentice Hall, 1970.
- BLALOCK, H.M. et BLALOCK, A., *Toward a Clarification of System Analysis in the Social Sciences*, Philosophy Sci. 26, 74-92, 1959.
- BRUNET, R., *Spatial Systems and Structures – A Model and a Case Study*, Geoforum 6, N° 2, 1975.
- CHORLEY, R.J., *Geomorphology and General Systems Theory*, Prof. Pap., U.S. Geol. Surv. 500 B, 1962.
- CHORLEY, R.J. et HAGGETT, P., *Models in Geography*, London, 1967.
- CHORLEY, R.J., *Directions in Geography*, Methuen, London, 1973.
- Commission of College Geography, *The Spatial Expression of Urban Growth*, Assoc. of American Geographers, Resource Paper N° 7, 1969.
- Encyclopaedia Universalis, *Croissance biologique*, vol. 5.

- GODLUND, Sven, *Lund Studies in Geography*, Ser. B. Human Geography N° 6, 1952.
- HARVEY, D., *Explanation in Geography*, E. Arnold, London, 1969.
- HUXLEY, J.S., *Problems of Relative Growth*, Methuen, 1932.
- KLIR, J. et VALACH, M., *Cybernetic Modelling*, London, 1967.
- LEBEAU, R., *Zurich, Métropole de la Suisse*, Revue de Géographie de Lyon, vol. 35, 1960.
- LEOPOLD, L.B. et LANGBEIN, W.B., *The Concept of Entropy in Landscape Evolution*, Prof. Pap., U.S. Geol. Surv. 500 A, 1962.
- NAROLL, R.S. et VON BERTALANFFY, L., *The Principle of Allometry in Biology and the Social Sciences*, General Systems I, 76-87, 1956.
- NORDBECK, S., *The Law of Allometric Growth*, Michigan Inter-University Community of Mathematical Geographers N° 7, 1975.
- PERROUD, A., *L'Allométrie : Etude théorique et Application à l'agglomération zurichoise, 1850-1970*, Mémoire de diplôme, Fribourg 1977.
- RAY, D.M., *The Allometry of Urban and Regional Growth*, Discussion Paper, Ministère d'Etat aux Affaires Urbaines, Ottawa, 1972.
- ROBERGE, R.A., RAY, D.M., VILLENEUVE, P.Y., *Invention, Diffusion and Allometry, a Study of the Growth and Form of Pulp and Paper Industry in Central Canada*, Ottawa, 1973.
- ROSEN, R., *Optimality Principles in Biology*, London, 1967.
- De ROSNAY, J., *Le Macroscopie, Vers une Vision globale*, Seuil, Paris, 1975.
- STODDART, D.R., *Organism and Ecosystem as Geographical Models*, in Chorley et Haggett, P., 1967.
- STONE, L.O., *Urban Development in Canada*, Ottawa : Canada, Dominion Bureau of Statistics, 1967.
- THOMAS, R.W., *Some Functional Characteristics of British Central Areas, an Application of Allometric Principles*, Regional Studies vol. 9, Pergamon Press, 1975.
- UNWIN, D., *An Introduction to Trend Surface Analysis*, Catmog, Londres, 1975.
- VILLENEUVE, P.Y. et GAGNON, Y., *Allométrie de l'Affectation des Sols urbains au Québec*, Université Laval,
- VON BERTALANFFY, L., *Théorie Générale des Systèmes*, Dunod, Paris, 1973.
- WARNTZ, W., *New Geography as General Spatial Systems Theory – Old Social Physics Writ Large?* in Chorley, R.J., 1973.
- WOLDENBERG, M.J. et BERRY, B.J.L., *Rivers and Central Places : Analogous Systems?*, Journal of Regional Science 7, N° 2, 1967.
- WOLDENBERG, M.J., *Allometric Growth in Social Systems*, Harvard Papers in Theoretical Geography N° 6, 1971.
- WOLDENBERG, M.J., *An Allometric Analysis of U.S. Urban Land Use*, Ottawa, 1973.
- ZIPF, G.K., *Human Behaviour and the Principle of Least Effort*, Addison-Wesley, 1949.

CANTON DE NEUCHÂTEL CHRONIQUE GÉOGRAPHIQUE POUR L'ANNÉE 1976

par Nicole GOLAY*

1. Climatologie

Introduction

Les divers rapports et chroniques consacrés à l'année 1976 signalent des conditions météorologiques exceptionnelles. Celles-ci se sont caractérisées en Suisse et dans tout le nord-ouest de l'Europe par une période de sécheresse pendant les six premiers mois de l'année, suivie de fortes précipitations.

Ces conditions météorologiques particulières peuvent être attribuées à des variations inhabituelles des géopotentiels troposphériques, inférieurs à la normale au-dessus du bassin polaire, et supérieurs à la normale aux latitudes moyennes (au-dessus du Pacifique, de l'Atlantique et de l'Europe occidentale) ¹.

Comme les perturbations se sont déplacées au nord de leur trajectoire habituelle et qu'il y a eu formation de dorsales prononcées aux latitudes moyennes, au-dessus de l'est du Pacifique et de l'Atlantique, la Californie et l'Europe occidentale ont connu un hiver exceptionnellement doux et sec.

Les Iles Britanniques ont subi la sécheresse estivale la plus sérieuse qui ait sévi depuis plus de 200 ans, par suite d'une forte anomalie positive du géopotentiel (près de 3δ). En effet, la présence d'un anticyclone centré sur l'ouest de la Manche a pratiquement empêché toute advection d'air maritime vers l'intérieur des terres.

Les fortes pluies, enfin tombées en Suisse au mois de juillet, sont dues au déplacement vers le nord de la dorsale de blocage qui s'était formée au-dessus de l'Europe.

Les températures élevées, la faible humidité de l'air et la forte insolation du début de l'année ont eu pour conséquence une évapotranspiration élevée. En effet, les précipitations ont été très faibles et les six premiers mois de l'année ont accusé une perte de 262 mm, soit 58% de la valeur normale; il s'agit du plus grand déficit du premier semestre depuis 1864. ²

Pour retrouver des conditions de sécheresse telles que celles du printemps 1976, il faut remonter à 1870⁸.

* Institut de géographie, Coq d'Inde 10, CH-2000 Neuchâtel.

Tableau 1: Quelques observations faites dans le canton de Neuchâtel ^{2,3,4,5,6,7}

	Neuchâtel 487 m $\lambda = 6^{\circ}57'$ $\varphi = 47^{\circ}00'$	La Chaux-de-Fonds 1060 m $\lambda = 6^{\circ}50'$ $\varphi = 47^{\circ}06'$
$T_{m(1901-1960)}$	9,2°C	6,6°C
T_{1976}	9,8°C	6,3°C
T_e	+ 0,6°C	- 0,3°C
$I_{m(1931-1960)}$	1699 h	1685 h
I_{1976}	1808,9 h	1894 h
I_e	+ 6,7%	+ 12,3%
$P_{m(1901-1960)}$	981 mm	1523 mm
P_{1976}	716 mm	1010 mm
P_e	- 27%	- 33,6%
$H_{m(1931-1960)}$	78%	79%
H_{1976}	73%	75%
H_e	- 5%	- 4%
T = Température		H = Humidité relative de l'air
I = Insolation		m = moyenne annuelle
P = Précipitations		e = écart $X_m - X_{1976}$

Tableau 2: Niveau du lac ²

	Cote maximum	Cote minimum
1974	429,59 m 2 juillet	428,86 m 6 et 7 janvier
1975	429,53 m 6 juillet	428,89 m 10 et 11 novembre
1976	429,31 m 23 et 28 juillet	428,83 m 29 novembre
1977	429,99 m 4 mai	428,87 21 janvier

Sur les bords du lac de Neuchâtel, les prémices de l'automne sont apparues avec dix semaines d'avance (fin juillet): les bouleaux dépérissaient, les pins avaient une couleur rougeâtre et les hêtres semblaient se colorer.

En septembre déjà, les arbres prenaient leurs teintes automnales. Il faut remonter aux relevés phénologiques de 1947 pour retrouver ces signes d'automne précoce.

Ce n'est qu'au mois de juillet que la sécheresse prit fin en Suisse: des pluies torrentielles tombèrent les 18 et 19 juillet (jusqu'à 113 mm en 90 min. à Morges).

2. Economie rurale

Introduction

Les conditions météorologiques particulières du printemps 1976 furent à l'origine de nombreux dégâts, spécialement en agriculture. La forte évapotranspiration ainsi que le déficit des précipitations ont provoqué un dessèchement du sol. La terre était sèche jusqu'à 40-60 cm, voire 1 m de profondeur⁹ par endroits, surtout dans le bas du canton.

Agriculture

Les dégâts diffèrent d'une commune à l'autre, voire d'un domaine à l'autre ou selon la culture. Dans le cas du maïs, par exemple, les agriculteurs qui avaient semé tôt le maïs, en courant le risque du gel, ont pu réaliser de bonnes récoltes; par contre ceux qui ont semé tard n'ont pratiquement rien récolté puisque les niveaux superficiels du sol étaient déjà desséchés lorsque la graine a été mise en terre. Au Val-de-Ruz, par exemple, plus spécialement à la Jonchère et à Cofrane, les récoltes de blé, de pommes-de-terre et les herbages ont particulièrement souffert (diminution de rendement de 30-40% pour le fourrage et de 60-70% pour les pommes-de-terre dont la plupart étaient altérées). A Cernier, par contre, les récoltes ont été normales.

Les régions les plus touchées du canton de Neuchâtel furent le Littoral (du Landeron à la Béroche), les versants bien exposés du Val-de-Travers, l'ouest du Val-de-Ruz ainsi que la Joux-du-Plâne. Pour le reste du canton, les dommages ont été inférieurs à 20%.

Pour les dégâts causés par la sécheresse, le Département de l'agriculture du canton de Neuchâtel, sur la base d'une enquête spéciale, a octroyé une indemnité à tout agriculteur pour lequel la diminution de rendement dépassait 20%.

Les agriculteurs et viticulteurs des zones les plus touchées mirent en action un plan d'arrosage important pour éviter le pire. C'est ainsi que malgré la sécheresse du premier semestre préjudiciable à la vigne, ce fut une récolte d'une quantité honnête, caractérisée par une faible acidité et quantitativement quelque peu au-dessus de la moyenne.

Tableau 3¹⁰: *Production moyenne, en gerles par ouvrier (352 m²)*

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Blanc	2,91	2,87	2,58	2,51	1,13	2,73	3,09	2,66
Rouge	2,42	1,89	2,47	2,63	1,08	1,70	2,94	2,13

Tableau 4: *Rendement du vignoble*

	Blanc				Rouge			
	1974	1975	1976	1977	1974	1975	1976	1977
Rendement en l. de moût/are	27,45	65,93	74,83	64,31	24,58	38,66	66,87	48,50
Degré moyen	67°	65°	70°	57°	78°	80°	83°	73°

Alimentation en eau

La sécheresse de l'été 1976 mit à l'épreuve les possibilités d'alimentation des réseaux de distribution d'eau potable. Les communes les plus touchées furent celles de la Côte-aux-Fées, d'Enges, d'Engollon ; la majeure partie des fermes de montagne souffrirent du manque d'eau. Les mesures d'urgence prises le 2 juillet par le Conseil d'Etat mettaient à disposition plusieurs moyens (wagons-citernes, camions-citernes, pompes de débits divers, etc.) afin de répondre aux demandes des communes.

Pour l'irrigation et l'arrosage, 92 motopompes et 77.000 m de conduites furent utilisées. De plus, 21 communes engagèrent leur propre équipement de protection civile et 10 communes mirent leur matériel à disposition de celles qui en avaient un urgent besoin¹¹. Les utilisateurs n'eurent à leur charge que les frais d'eau et de mazout.

Elevage

Beaucoup d'éleveurs en quête d'un peu de nourriture pour leur bétail connurent une angoisse quotidienne.

Le principal problème fut l'adaptation du troupeau bovin aux possibilités restreintes d'affouragement. Il fallut donc abattre davantage de bétail que les autres années :

1975: 8485 bovins abattus

1976: 9212 bovins abattus

1977: 8915 bovins abattus

Par rapport à l'ensemble de la Suisse, l'augmentation des abattages dans le canton de Neuchâtel ne fut pas très importante du fait de l'absence d'une industrie neuchâteloise de la viande.

Les effets de la sécheresse n'ont pas influencé la production laitière, malgré une certaine stagnation en juillet.

Sylviculture

En sylviculture, les conditions météorologiques eurent pour conséquence le dépérissement d'une grande quantité d'arbres, plus particulièrement dans les forêts du versant sud de la première chaîne du Jura. Une défoliation quasi complète des arbres croissant sur un sol peu profond fut observée à certains endroits. Dans l'ensemble des forêts publiques du canton, la part proportionnelle des chablis (23,6%) dépasse la moyenne calculée depuis 1959 (20%). Lors de la tempête du 30 novembre au 1^{er} décembre avec des pointes de vent de 125 km/h, les dégâts furent estimés à un volume de 10.000 m³ d'arbres déracinés et cassés¹⁰. Les forêts du territoire de Rochefort furent les plus endommagées.

Une conséquence secondaire de ce printemps trop sec fut un pullulement des insectes ravageurs, en particulier des pucerons; par contre, le développement des champignons parasites fut inhibé.

A cause de la récession dans le secteur de la construction, une limitation des exploitations, au 60% des possibilités légales, fut recommandée aux propriétaires par l'Association suisse d'économie forestière. Cependant, le canton exploita à fond ses possibilités d'exportation (France voisine et contrat d'Offibois avec un pays du Moyen-Orient).

Cet effort permit de libérer les contingents qui avaient été bloqués et surtout d'exploiter et de commercialiser les arbres victimes de la sécheresse. Finalement, par rapport à l'ensemble de la Suisse, les propriétaires neuchâtelois surent tirer profit des conditions qui leur étaient offertes.

3. Economie industrielle

Introduction

Si l'année 1976 s'est caractérisée par une stabilisation relative de la crise économique, le canton n'a pas été épargné en ce qui concerne les problèmes de marché du travail et les conflits sociaux dans certaines entreprises.

Marché du travail

Le ralentissement de l'activité économique eut des répercussions sur le marché du travail: forte restriction d'autorisations pour les travailleurs étrangers, surtout dans les secteurs du bâtiment et du génie civil. Le canton eut un nouveau contingent de 193 personnes étrangères en 1976, contre 577 en 1975¹¹.

Chômage

Bien qu'il y ait eu amélioration du marché de l'emploi vers la fin de l'année (on comptait 794 chômeurs complets en décembre contre 1993 en janvier), c'est au cours de 1976 que le chômage a sévi le plus fortement:

	Chômeurs complets ¹¹			
	1974	1975	1976	1977
Moyenne de l'année	7	678	1159	420

Dans le canton, l'horlogerie fut l'un des secteurs les plus touchés: 20 entreprises avec un total de 1180 chômeurs partiels, soit 12% de ces travailleurs.

La métallurgie et la mécanique accusèrent un recul de l'emploi de 5% par rapport à 1975¹².

Conflits sociaux

La crise économique a entraîné de nombreux licenciements dans plusieurs entreprises, surtout dans l'horlogerie, ce qui a provoqué des conflits sociaux: occupation des locaux de l'entreprise Pizzera à Boudry en mars-avril 1976¹², grève de longue durée dans les usines Dubied de Couvet et de Marin en juillet-août. L'annonce de la fermeture de Bulova-Neuchâtel (janvier 1976) entraîna une réaction du personnel qui occupa les locaux pendant 11 jours. A la suite de cette manifestation, la fermeture de l'usine fut reportée d'un an.

Difficultés économiques dans divers secteurs

Difficultés dans le secteur des arts graphiques dues à une forte concurrence dans le canton (fermeture d'entreprises); évolution plus favorable pour les entreprises du papier et du cartonnage que pour celles des arts graphiques.

Le génie civil et le bâtiment furent touchés: taux maximum des capacités de production: 65%.

Une demande intérieure réduite poussa les entreprises d'alimentation-boissons-tabacs à s'orienter vers l'exportation¹¹.

L'un des effets de la sécheresse fut la baisse de production d'énergie hydraulique: le barrage du Châtelot ne réalisa que 60% de la production moyenne annuelle.

Malgré la récession, une amélioration de l'activité s'est poursuivie de façon modeste dans l'ensemble des secteurs industriels.

4. Evénements particuliers

Géophysique

Le fait marquant dans le canton fut la construction de la nouvelle Station de référence géomagnétique dans le Bois-de-l'Hôpital, sur la commune de Neuchâtel ($\lambda = 6^{\circ} 56' 54,9''$ $\varphi = 47^{\circ} 00' 23,7''$, altitude: 600 m).

Sismologie

Les quelques séismes enregistrés dans le monde en 1976 furent particulièrement destructeurs, certains furent ressentis dans le canton de Neuchâtel¹³:

22 mars: St-Blaise, Marin, Cornaux: murs fissurés.

6 mai: Frioul (6.6), environ 1000 morts (environ 50 secousses enregistrées à Neuchâtel).

Horlogerie

A la Chaux-de-Fonds, célébration du centenaire de la Chambre suisse de l'horlogerie¹⁴.

¹ Bulletin de l'O.M.M. (Organisation Météorologique Mondiale). Vol XXVI, juillet 1977, p. 190.

² Observations météorologiques faites en 1976, à l'Observatoire de Neuchâtel, par G. Jornod. Bull. Soc. neuch. sc. nat. 1977.

- ³ Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt.
- ^{4,5,6,7} Beihefte zu den Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt (Lufttemperatur, Sonnenscheindauer, Niederschlag, Luftfeuchtigkeit).
- ⁸ B. Primault, 1976: Une année particulière. Journal forestier suisse N° 11, novembre 1976, p. 755.
- ⁹ FAN - L'Express, 3 et 4 juillet 1976.
- ¹⁰ Rapports du Département de l'agriculture. Exercices 1974-1977.
- ¹¹ Rapport du Département des travaux publics. Exercice 1976, p. 27.
- ¹² FAN - L'Express du 24 mai 1977.
- ¹³ Observatoire cantonal de Neuchâtel. Rapport d'activité pour l'exercice 1976, pp. 5 et 11.
- ¹⁴ Messenger boîteux, Almanach romand, 271^e année, 1978.

LA SOCIÉTÉ NEUCHÂTELOISE DE GÉOGRAPHIE EN 1977

- 19.1.1977 Réunion du comité.
- 28.1.1977 93^e assemblée générale, suivie d'un exposé de M. M. Maillat sur « Les variations de la frontière du Jura », une étude des facteurs religieux, économiques et politiques dans le déplacement de la frontière jurassienne vers la France et vers Berne.
- 25.2.1977 « Le Centre suisse de recherches scientifiques en Côte d'Ivoire », une conférence du professeur A. Aeschlimann, directeur de l'Institut de zoologie de l'Université de Neuchâtel.
- 4.3.1977 « Hommes, femmes et vie quotidienne dans le nord de l'Afghanistan », une conférence de M. P. Centlivres, professeur d'ethnologie à l'Université de Neuchâtel. Analyse des modifications qui frappent la société afghane.
- 18.3.1977 « Bogota », présentation du court métrage de MM. D. Simon et M. Leiser.
- 11.5.1977 Réunion du comité.
- 24.5.1977 « Hommes, femmes et pouvoir chez les Baruya de Nouvelle-Guinée », par le directeur d'études à l'EPHE à Paris, Maurice Godelier. Invitation de l'Institut d'ethnologie.
- 25.6.1977 Excursion d'été : visite d'une usine de recyclage des déchets industriels, la CISA à La Chaux-de-Fonds. L'après-midi, visite commentée de l'usine et du barrage du Châtelot.
- 6 au 9.10.1977 Assemblée de la Société helvétique des Sciences naturelles, à Berne.
- 28.10.1977 « Musique et Sociétés », une visite commentée du Musée d'ethnographie. Une présentation de sondages sur la fonction de la musique extra-européenne, et classement systématique d'instruments de musique ethnographique.
- 18.11.1977 « Les nappes souterraines : une nouvelle source d'énergie », une conférence de M. Bernard Mathey, D^r ès sciences. Possibilités d'utiliser les ressources thermiques naturelles des nappes souterraines.
- 16.12.1977 « Vingt ans de prévision au centre météorologique de l'aéroport de Cointrin », une conférence de M. J.-C. Gagnebin, météorologiste au Centre de météorologie de l'aéroport de Genève-Cointrin.

Le président: P.-D. PERRET

