

2. MAILLAGE HEXAGONAL ET TRAME URBAINE

" Si l'approche quantitative laisse échapper une partie de la réalité, elle n'empêche cependant pas de garder l'esprit en éveil sur ce qui lui échappe."

Yves Guermond, 1978.

"Malgré la grande importance théorique de l'hexagone, on a rarement recherché l'existence réelle de dispositions en hexagones." (Haggett 1973[1968]: 61). Vingt années ont passé: au seuil de cette recherche, le constat de Peter Haggett reste pourtant parfaitement valable.

En France, la "christallérisation" - recherche systématique de l'hexagone ou de l'aspect géométrique d'un réseau urbain - s'est surtout révélée le plus sûr moyen pour évoquer le courant que Paul Claval nommerait bientôt "la nouvelle géographie".

On en trouve de nombreux exemples dans la littérature, y compris chez des géographes qu'on ne saurait taxer "d'épignes de Christaller" (Burgel 1982: 163) ! "Un étonnant réseau urbain, presque géométrique": le titre est d'André Meynier, pour un sous-chapitre consacré au Léon, en Bretagne septentrionale... (Meynier 1976: 83).

L'examen des thèses françaises de doctorat d'Etat portant sur une organisation urbaine régionale est aussi très significatif.

A propos des villes d'Alsace, Michel Rochefort souligne: ".../ l'allure géométrique de la disposition des villes organisatrices: autour du grand port rhénan qui tient lieu de centre régional, les trois centres de sous-région se disposent en demi-hexagone, d'une façon apparemment conforme au schéma de Christaller /.../. Mais ajoute-il, ".../ une éventuelle distribution géométrique n'est-elle pas une coïncidence fortuite plutôt qu'une conséquence réelle de la structure du réseau ?" (Rochefort 1960: 127).

Bernard Barbier, dans son analyse des *Villes et centres des Alpes du Sud* est encore plus catégorique: "Nous avouons notre scepticisme et notre inquiétude à l'égard de cette méthode. Les types théoriques de zones d'attraction nous semblent une vue de l'esprit qui anticipe toute vérification et nous ne voyons pas ce qu'ils apportent à la connaissance des phénomènes. Ce que l'on sait de l'implantation des villes /.../ n'a jamais révélé de répartition géométrique régulière." (Barbier 1969: 369).

Certains auteurs ont d'ailleurs jeté un peu vite l'anathème sur ces théories novatrices, sans même avoir pris la peine de les tester.

Yves Guermond rappelle avec à-propos que: " D. A. Pinder reprend [au sujet du modèle de Christaller] la vieille remarque éculée selon laquelle "l'application du modèle" dans le polder d'Ijsselmer n'avait pas donné de résultats durables. Comme si un modèle en aménagement devait être un outil normatif au lieu d'être un outil d'analyse... /.../C'est un grave contresens sur l'objectif des sciences sociales que de faire du modèle autre chose qu'un instrument d'investigation." (Guermond 1986: 8).

De nombreuses critiques ¹ ont aussi été émises à l'encontre des postulats sous-jacents à l'adoption du modèle hexagonal.

Les unes concernent l'isotropie de l'espace ². Elles seraient plus convaincantes si elles ne faisaient pas référence au seul cadre physique.

" "La fortune de Paris est l'œuvre des hommes seulement et la nature n'y a rien mis du sien " disait Saint-Marc Girardin dans un de ses cours publics. /.../ "Paris est une capitale qui pouvait être ailleurs et qui s'est trouvée là par hasard" " (cité par: Reclus E. 1885: 750).

Si prétendre que le milieu naturel n'influence pas la localisation des centres est abusif, arguer qu'il la détermine l'est également: le concept de site favorable, trop souvent invoqué, se modifie sur le long terme. L'existence d'une ville ne dépend pas d'un emplacement virtuel, mais de la fonction économique qu'il sous-tend, voire d'une volonté politique. La stratégie des pouvoirs publics est aussi efficiente. Le centralisme, le choix des capitales, les découpages administratifs ne sont pas neutres et introduisent un biais beaucoup plus durable.

La question doit être envisagée dans l'optique de la pénétrabilité de l'espace: un élément orographique majeur, un terrain de forte valeur ajoutée, une frontière, jouent alors un rôle équivalent dans l'établissement de la trame. Tous ces facteurs interdisent évidemment de parler d'isotropie de l'espace. La postuler permet d'appréhender la position des centres au sein de la trame, en éliminant le bruit de leurs destins individuels. C'est une méthode scientifique habituelle en analyse spatiale, héritée de la "démonstration par l'absurde" prônée en mathématiques et qui a depuis longtemps fait la preuve de son efficacité.

¹ Je ne traite pas des critiques formulées à l'endroit des théories des lieux centraux: ce serait l'objet d'un autre travail. Je souligne simplement les critiques *discursives majeures* (pas de démonstration) énoncées envers le modèle hexagonal. (voir les références dans : Bailly 1975, Claval 1966 et 1973, Dauphiné 1979 ainsi que les bibliographies américaines déjà citées).

² L'espace est isotrope, assimilé à une plaine de transport chez August Lösch et les auteurs des théories des lieux centraux qui lui ont succédé. Par contre, Walter Christaller a appuyé son raisonnement sur espace caractérisé dès le départ par des différenciations spatiales (distribution hétérogène de la population (voir Sous-Partie 1.2.2.)).

D'autres ont remis en cause la rigidité structurelle du schéma d'organisation et par conséquent le rôle primordial accordé à la distance. La restructuration des réseaux de transmission de l'information (télématique) laisse bien sûr augurer de la modification des trames urbaines. Toutefois l'affranchissement de la distance métrique (non réalisé pour les flux matériels) coïncide avec l'impact croissant du coût et du temps. Le poids des paramètres de la distance fluctue: la distance elle-même reste le facteur-clé de l'organisation spatiale des semis urbains.

D'autres encore, parfois inspirés par le courant béhaviouriste dans la dernière décennie, réfutent la rationalité du comportement économique des agents.

August Lösch avait anticipé ce type de remarque, notant que les gens n'hésitent pas à se déplacer plus que nécessaire pour avoir affaire à des professionnels et spécialistes jugés compétents et établissant un contact personnalisé avec leur clientèle (médecin, joaillier, sont les exemples donnés). Pour les biens et services de recours fréquent ou standardisés, les déplacements sont évalués trop coûteux et ne justifient habituellement pas des trajets excessifs. (voir: Lösch 1940: 69, note 3).

On ne peut passer sous silence les travaux de Simon, lesquels récuse la rationalité des comportements économiques (notion d'optimisation des comportements), clairement exposés par Peter Haggett. "L'optimisation exige que l'individu ou le groupe soient informés et prennent leurs décisions le plus parfaitement possible, et il est tout à fait évident que, individuellement ou collectivement, les hommes n'agissent absolument pas, et même ne peuvent pas agir à ce niveau de perfection, à cause des incertitudes relatives au *temps*. Simon remplacerait volontiers ce modèle [d'optimisation] par un modèle de satisfaction fondé sur le postulat suivant: 1° les hommes ordonnent les diverses lignes de conduite possibles présentes à leur conscience sur une échelle de préférences; 2° ils choisissent dans cet ensemble la ligne qui satisfera un ensemble de besoins. Evidemment, ce choix est souvent sub-optimal, car "l'optimisation exige des opérations dont la complexité dépasse de plusieurs ordres de grandeur celle des opérations exigées par la satisfaction" (March et Simon, 1958) " (Haggett 1973[1968]: 37, italiques de l'auteur).

Il est loisible de penser que s'il existe une logique spatiale, elle influe sur l'éventail des choix possibles: le "modèle de satisfaction" peut ensuite expliquer des déviations par rapport au schéma théorique, sans l'invalider, surtout à petite échelle .

Mais de toutes façons, aucune de ces critiques ne débouche concrètement sur des tentatives d'explication logique de la disposition spatiale des semis urbains et ne sont pas toujours le fait de chercheurs ayant tenté d'appliquer ce modèle hexagonal...

Parallèlement, tous s'accordent à identifier ici ou là une apparente régularité des réseaux étudiés, l'existence d'un mode d'agencement non accidentel des semis. Ainsi, Raymond Dugrand écrit-il: "Il existe bien en Bas-Languedoc /.../ un réseau urbain constitué de divers types d'agglomérations qui s'agencent selon un modèle /.../" , sans autre précision (Dugrand 1963: 321).

Cela semble peut-être "à contre-courant" (Boyer 1982) que d'envisager une application purement géométrique du modèle hexagonal à l'heure où, chez les plus enthousiastes des années 1960 (Brian Berry notamment), on note un certain désintérêt pour les théories des lieux centraux ?

En réalité, j'incline à penser que peu a été fait en la matière. Les résultats obtenus sur des études ponctuelles (voir: Sous-Partie 1.4.2.) sont pourtant encourageants.

D'une part, les traits majeurs de trames régionales (Normandie, Massif Central) sont mis en lumière, les situations dans la trame rendent compte des virtualités des centres urbains (Cotentin), une distance moyenne d'environ quatorze kilomètres semble caractéristique des trames analysées. La pertinence d'une grille hexagonale à petite échelle (prévoyant un espacement de base des centres de l'ordre de quatorze kilomètres en France) reste néanmoins à vérifier.

D'autre part, des analyses inédites, menées en Suisse par George Nicolas ont abouti: des cartes ont été établies en juxtaposant une trame triangulo-hexagonale au semis urbain³.

La voie d'une recherche portant sur l'adaptation graphique d'une plaque d'hexagones réguliers à un semis urbain est donc ouverte.

Il faut maintenant trouver la méthodologie de calcul, les critères d'orientation et de calage de la grille hexagonale, afin d'automatiser les procédures. En effet, les auteurs ont rarement abordé ces questions délicates, résolues au coup par coup, par tracé et ajustement manuels d'une plaque d'hexagones réguliers dont le diamètre est préalablement calculé (ou estimé). Les progrès de l'infographie bouleversent les données du problème puisque les outils nécessaires à la réalisation de documents-tests d'obtention rapide et facilement reproductibles deviennent accessibles.

L'objectif est donc double: étendre l'application à toute la France métropolitaine continentale et mettre au point une grille de lecture hexagonale automatique des semis urbains permettant l'identification de la trame urbaine

Un point de terminologie avant de passer à la partie technique: j'emploie le terme *grille* pour désigner une plaque d'hexagones réguliers, le terme *trame* pour désigner une juxtaposition de grilles.

Suivant la modalité d'emboîtement des grilles, la trame est conforme à l'un des principes d'organisation invoqués par Walter Christaller (voir: Sous-Partie 1.2.2.): au *principe d'approvisionnement* (les sommets des hexagones d'une grille "pointent" les arêtes des hexagones de la grille suivante, ce qui correspond à une rotation de 90 degrés entre deux grilles consécutives), ou au *principe de circulation* (les hexagones de la trame sont tous dans le même sens). Le principe de séparation (administration) qui utilise une inclinaison non fixe des grilles entre deux niveaux n'est pas repris.

Appliquée à un *semis urbain*, la trame (sous-entendue hexagonale régulière) sert donc à identifier la charpente, "l'épine dorsale" du semis urbain: une *trame urbaine*.

³ Les recherches dont je fais état dans cette seconde partie de la thèse sont *antérieures* à mon premier stage à Lausanne en Septembre 1990. Avant cette date, les recherches de Georges Nicolas ne m'étaient connues que par ouï-dire, et quelques allusions de leur auteur dans diverses publications: Nicolas-Obadia 1983 et 1977.

2.1. LE SEMIS URBAIN FRANÇAIS: UN SUPPORT POUR L'APPLICATION

"L'Hexagone", pour vérifier la validité du modèle hexagonal... L'association d'idées ne manquera pas d'intriguer les uns, de faire sourire certains, d'irriter les autres, mais ne laissera de toutes façons personne indifférent.

Je signale tout de suite que la similitude graphique de la forme stylisée de la France avec le modèle géométrique de référence m'a effectivement amusée. Elle n'a pas guidé le choix, non plus qu'une quelconque allusion "à la métonymie par laquelle l'Hexagone désigne la France" (Robic 1989 a: 18), à la symbolique du "nationalisme territorial de la Vème République" (Robic 1989 a: 19). Aucun rapprochement ne doit non plus être fait avec "le modèle spécifique de la France qu'a dessiné R. Brunet en 1973" (Robic 1989 a: 21), ce célèbre schéma qui pré-figurait les premiers "chorèmes".

Un second point mérite l'attention. L'Hexagone est-il un terrain favorable aux tests de trames hexagonales ?

La rugosité de L'Espace français (Noin et Brocard 1976), les différenciations spatiales liées aux variations d'intensité de l'occupation du territoire, ne sont certes pas des conditions idoines à la formation d'un semis urbain homogène.

Des auteurs ont pourtant remarqué une structure auréolaire autour des villes majeures (notamment dans l'Est du Bassin Parisien: Brunet R. 1981), à partir desquelles on trouve une alternance de couronnes de petites villes, puis de villes moyennes, assez régulièrement disposées.

Ceci constitue un indice en faveur de l'existence d'une logique spatiale. Il importe de s'intéresser aux résultats des travaux menés sur ce thème dans le cas de la France, afin de connaître les conditions initiales des tests (voir: Sous-Partie 2.1.1.). Il s'agira ensuite de procéder au choix des centres à partir desquels seront effectués les tests (voir: Sous-Partie 2.1.2.).

2.1.1. Conditions initiales des tests: les caractéristiques du semis urbain français

Il existe une technique simple pour visualiser un semis urbain: représenter ponctuellement chaque centre à l'aide de ses coordonnées euclidiennes en abscisse et ordonnée dans un repère orthonormé.

Le nuage de points représentant les communes françaises d'au moins 2.500 résidents en 1982¹ est une illustration saisissante (Figure 24). On discerne nettement la silhouette de l'espace français bien que les contours ne soient pas matérialisés. Les régions fortement urbanisées et les agglomérations majeures s'identifient facilement, le plus frappant étant l'apparente homogénéité relative du semis. Artefact dû à l'émiettement communal ?

C'est plausible. Toutefois, si les communes abritant au moins 2.500 habitants en 1982 regroupaient 70,5% de la population nationale, elles ne représentaient que 8,9% du nombre total des communes françaises². La texture du nuage, qui fait ressortir des régions caractérisées par l'espacement plus (diagonale Champagne-Pyrénées) ou moins (Centre-Ouest) prononcé de leurs centres suggère plutôt un semis régulier dont le grain varierait avec les densités de population.

Aliette Delamarre et François Durand-Dastès ont testé la régularité des semis de chefs-lieux pour un échantillon de communes (Delamarre et Durand-Dastès 1984).

Cette étude des distances au plus proche voisin a porté sur les communes inscrites dans un rayon de 11,3 kilomètres autour de 17 des 271 points d'une triangulation de la France (pas: 47,5 kilomètres), établie par les auteurs (Figure 25). Les dix-sept points ont été tirés au sort parmi l'ensemble des points du réseau de sondage, préalablement classé en fonction de la densité et du degré de régularité du maillage communal.

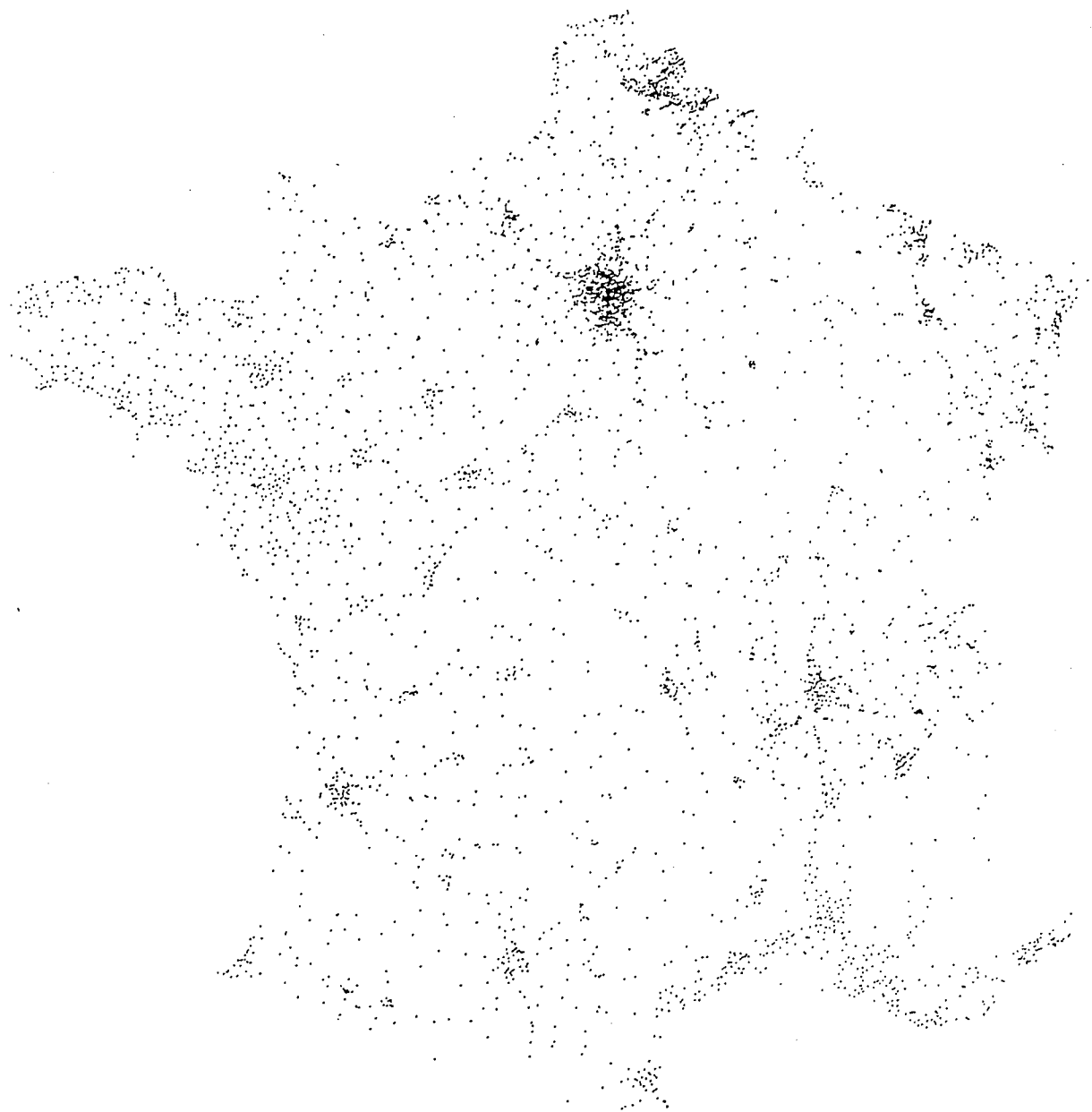
"Au vu des résultats réunis dans le tableau (Figure 25), il semble que les semis des points chefs-lieux présentent davantage de régularité que les maillages communaux correspondants." (Delamarre et Durand-Dastès 1984: 149).

¹ Le seuil des 2.500 habitants est celui déjà sélectionné pour des études théoriques portant sur un système urbain national (voir: Pumain 1982). Les données géométriques proviennent du fonds IGN-RECLUS de la Maison de la Géographie à Montpellier. Le programme *Nuages* de traitement et de sortie graphique sur traceur Benson 1302 est de Frédéric Maury. (*Nuages* © Frédéric Maury 1987)

² Données pour la France métropolitaine continentale, chiffres bruts, pour 1982 (Source: INSEE 1982, Tableau G):

| | |
|---|------------|
| nombre total de communes | 36.073 |
| nombre de communes comptant au moins 2.500 habitants | 3.220 |
| population totale | 55.296.639 |
| population des communes comptant au moins 2.500 habitants | 38.842.533 |

Figure 24 Nuage des communes d'au moins 2.500 résidents en 1982



Traitement du fichier *Trans4* (© IGN - RECLUS) par *Nuages* (© Frédéric Maury). Sortie graphique réalisée sur traceur Benson 1302, à l'Institut de Géographie de l'Université de Rouen (Laboratoire Modélisation et Traitements Graphiques).

Figure 25 Espacement des chefs-lieux de communes

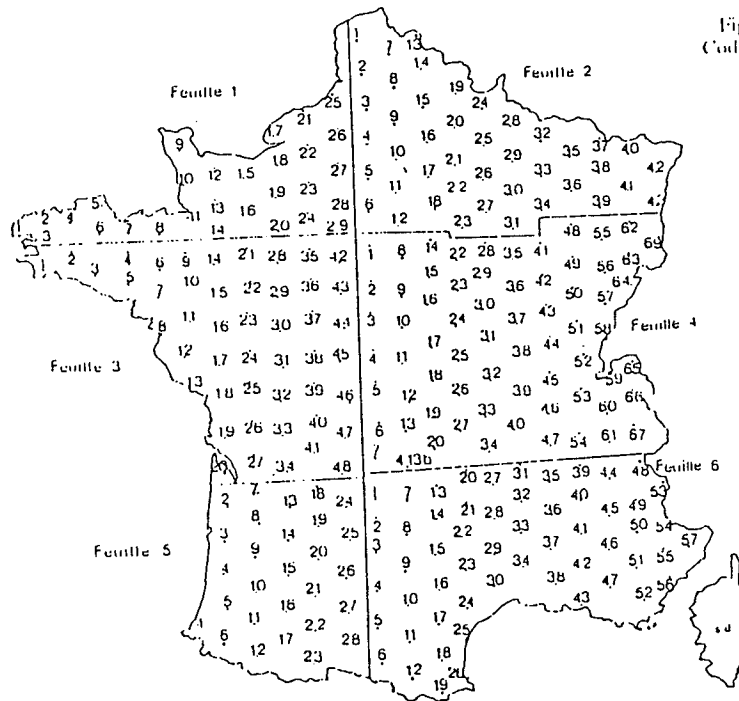


Figure 2.8. Localisation des points de sondage
Codage des cercles et localisation de leurs centres

Exemple : Cercle 2.1. = feuille 2, cercle n° 1

ESPACEMENT DES CHEFS-LIEUX DE COMMUNES.

1. Distance moyenne au plus proche voisin en kilomètres.

| Code cercle | Surface communale moyenne | Coefficients de variation des surfaces | Coefficients de variation des espacements | Espacements en km ¹ |
|--------------------|---------------------------|--|---|--------------------------------|
| 1.15 Calvados | 765 ha | 0,39 | 0,25 | 1,86 |
| 2.22 Marne | 1118 ha | 0,38 | 0,33 | 2,70 |
| 3.17 Vendée | 1616 ha | 0,36 | 0,31 | 2,78 |
| 3.10 Loire Atlant. | 3992 ha | 0,31 | 0,10 | 4,91 |
| 2.10 P. de Calais | 861 ha | 0,55 | 0,31 | 1,87 |
| 1.19 Orne | 1079 ha | 0,51 | 0,30 | 2,30 |
| 2.26 Marne | 1789 ha | 0,53 | 0,38 | 2,67 |
| 4.5 Creuse | 2236 ha | 0,56 | 0,38 | 3,21 |
| 2.11 Nord | 621 ha | 0,67 | 0,20 | 1,85 |
| 4.23 Nièvre | 1150 ha | 0,64 | 0,19 | 2,10 |
| 4.11 Saône & Loire | 1062 ha | 0,67 | 0,33 | 2,61 |
| 3.11 Loire Atlant. | 2277 ha | 0,68 | 0,25 | 3,15 |
| 3.3 Mayenne | 4376 ha | 0,64 | 0,23 | 5,21 |
| 2.3 Somme | 830 ha | 0,92 | 0,30 | 1,76 |
| 2.27 Aube | 1108 ha | 0,81 | 0,11 | 2,10 |
| 1.15 Côte d'Or | 1829 ha | 0,89 | 0,39 | 1,94 |
| 6.19 Hautes Alpes | 4892 ha | 0,90 | 0,17 | 3,11 |

Source: Delamarre, Alette et Durand-Dastès, François; 1984: 143 (carte) et 150 (tableau). "Le maillage communal". Dans: Quant, Théo; 1984. *Géoscopie de la France*. Paris: Paradigme et Librairie Minard. Protégé par © (Toute reproduction autre qu'à usage privé du copiste est interdite).

On peut apprécier l'écart entre la distribution empirique et une distribution théorique homogène en recourant à une analyse de voisinage.

Le coefficient synthétique de voisinage r se calcule de la façon suivante. On calcule la moyenne des distances observées au plus proche voisin:

$$r_o = 1 / N (\sum r_i)$$

et la densité observée:

$$d = N / S$$

avec : r_i distance observée au plus proche voisin (en km)

N nombre de centres étudiés

S superficie de l'aire étudiée (en km²).

On calcule la distance moyenne la plus probable dans le cas d'une répartition purement aléatoire où chaque point serait localisé indépendamment de tous les autres:

$$r_a = 0,5 / d^{1/2}$$

La valeur du coefficient $r = r_o / r_a$ est comprise entre 0 et 2,15.

Si $r = 0$ alors la distribution est concentrée; si $r = 1$ alors la distribution est aléatoire; si $r = 2,149$ alors la distribution est parfaitement régulière ce qui correspond à une situation d'équidistance des points. (voir: Béguin 1979, Calmès, Delamarre, Durand-Dastès et Gras 1981, Pumain 1984).

Denise Pumain a évalué par ce coefficient synthétique de voisinage r l'évolution de l'espacement moyen des villes françaises (Figure 26).

L'auteur conclut notamment au resserrement du semis des agglomérations de plus de 10.000 habitants - distantes en moyenne de leur plus proche voisine de 38,7 km en 1831 et de 21,6 km en 1975 - dont la distribution présente aujourd'hui une plus grande régularité ($r = 1,2$ en 1975) qu'au XIX^{ème} siècle (valeurs moyennes de r : entre 1831 et 1861 = 1,17 ; entre 1861 et 1911 = 1,13), les villes de plus de 200.000 habitants se distinguant par leur semis très régulier en 1975: $r = 1,8$ (Pumain 1984).

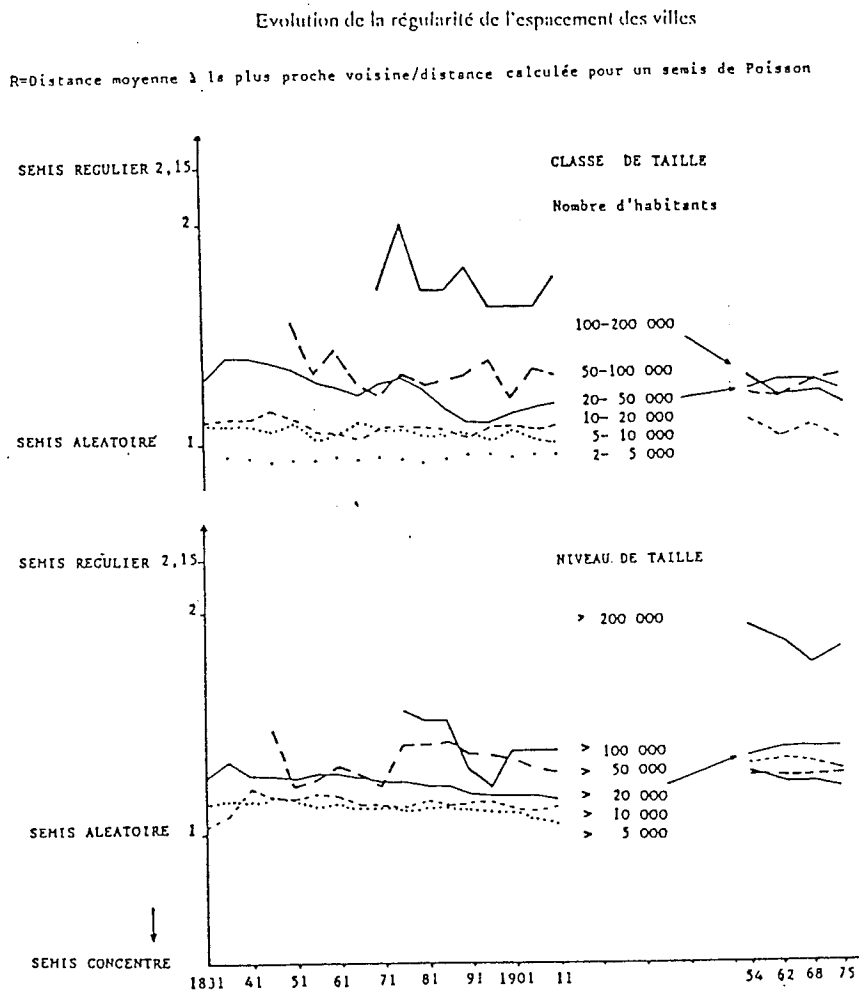
Une tendance à la régularisation se dessine³, en dépit de la non-isotropie de l'espace. La dynamique du semis urbain rend-elle caduque l'éventualité d'une trame urbaine régulière ?

La trame des villes françaises, quasiment formée dès la fin du Moyen-Age, présente en fait une remarquable inertie (Pumain et Saint-Julien 1989).

Des villes portuaires (Le Havre, Brest, Lorient, Rochefort, Sète) et autres réalisations de Colbert, quelques villes nouvelles (villes fortifiées: Vitry-le-François, ou fait du Prince: Nancy, Richelieu, Versailles) se sont ajoutées aux XVI^{ème} et XVII^{ème} siècles (Pinchemel P. 1981). Ensuite, "l'urbanisation se fera dans ce cadre urbain médiéval et moderne, par bourgeonnement beaucoup plus que par création. Les seules créations urbaines du fait de la volonté humaine furent Pontivy et La-Roche-sur-Yon, par Napoléon Ier, et quelques stations balnéaires." (Pinchemel P. 1981: 302).

³ Il serait hasardeux d'affirmer que le semis se régularise à partir de ces seuls éléments. En effet, l'imparfaite fiabilité de l'indice r a été soulignée par plusieurs auteurs (Béguin 1979, Calmès, Delamarre, Durand-Dastès et Gras 1981).

Figure 26 Espacement des villes



ÉVOLUTION DE L'ESPACEMENT MOYEN DES VILLES⁽¹⁾.

| Niveaux de taille (nombre d'habitants) | 1831 | 1861 | 1881 | 1911 | 1954 | 1975 | Classes de taille (Nombre d'habitants) | 1831 | 1861 | 1881 | 1911 | 1954 | 1975 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| > 5.000 | 23,4 | 20,8 | 19,3 | 16,7 | | | | | | | | | |
| > 10.000 | 38,7 | 33,3 | 29,6 | 26,8 | 25,4 | 21,6 | 5-10.000 | 27,9 | 25,1 | 24,5 | 21,4 | | |
| > 20.000 | 70,7 | 55,7 | 46,1 | 38,4 | 33,0 | 30,6 | 10-20.000 | 46,0 | 38,9 | 37,6 | 37,3 | 31,0 | 27,6 |
| > 50.000 | 223,9 | 98,5 | 93,2 | 72,6 | 54,3 | 44,8 | 20-50.000 | 83,2 | 68,3 | 58,8 | 48,6 | 41,5 | 43,0 |
| > 100.000 | 230,2 | 204,8 | 168,3 | 123,0 | 77,4 | 58,7 | 50-100.000 | 546,0 | 131,5 | 102,8 | 97,4 | 75,5 | 67,5 |
| > 200.000 | | | | | 191,1 | 133,0 | 100-200.000 | 273,0 | 253,2 | 245,9 | 205,4 | 101,4 | 77,0 |

(1) Moyennes des distances à la plus proche voisine du niveau ou de la classe de taille indiqués (en km).

Source: Pumain, Denise; 1984: 169 et 168. "L'évolution séculaire de la trame urbaine". Dans: Quant, Théo; 1984. *Géoscopie de la France*. Paris: Paradigme et Librairie Minard. Protégé par © (Toute reproduction autre qu'à usage privé du copiste est interdite).

La seule exception véritablement importante est constituée par les créations urbaines liées à l'exploitation des gisements houillers, miniers et à la sidérurgie du XIX^{ème} siècle.

Les villes nouvelles du XX^{ème} siècle n'ont pas contribué à une restructuration du semis: nées de la volonté de décentralisation, elles se trouvent à la périphérie des centres urbains majeurs et tendent à renforcer les pôles pré-existants.

L'évolution du semis s'exprime essentiellement en termes de dynamique urbaine. Bernard Lepetit, examinant la géographie des villes françaises de 1740 à 1840, affirme: " Au total, l'évolution paraît faite davantage de récupérations et de rattrapages, de lents essoufflements et de croissance régulièrement continués bien plus que de percées spectaculaires qui auraient abouti à accentuer les divergences régionales et à transformer l'image de la France urbaine. /.../ C'est décidément dans le long terme que se construisent et se défont les géographies urbaines." (Lepetit 1988: 44).

Les travaux de Denise Pumain ont mis en évidence la grande stabilité de la distribution des tailles des centres (communes ayant eu plus de 2.500 habitants agglomérés au chef-lieu entre 1831 et 1911), qui s'est régularisée sur le XIX^{ème} siècle (Figure 27) en dépit de l'illusoire densification du semis redevable au processus d'urbanisation (Fontanel et Peseux 1976, Pinchemel P. 1981 - Figure 28), ainsi que la persistance de la position relative des villes (unités urbaines de plus de 100.000 habitants en 1975) sur la période contemporaine (Pumain 1982 et 1984).

France Guérin-Pace a récemment "découvert que l'expansion du système urbain et l'intensité de sa structure hiérarchique restent associées au cours du temps par une relation linéaire" (Guérin-Pace 1990: 115).

Et Léna Sanders renchérit, à l'appui de ses recherches, sur l'existence d' " /.../ une grande stabilité de la hiérarchie urbaine" [Les] "effets d'agglomération et de saturation dus à la taille de la ville se combinent pour maintenir chaque ville à sa place relative. /.../ Le poids de l'héritage se traduit ainsi par une forte inertie du système qui a tendance à s'auto-reproduire avec une structure hiérarchique très semblable." (Sanders 1992: 102-103).

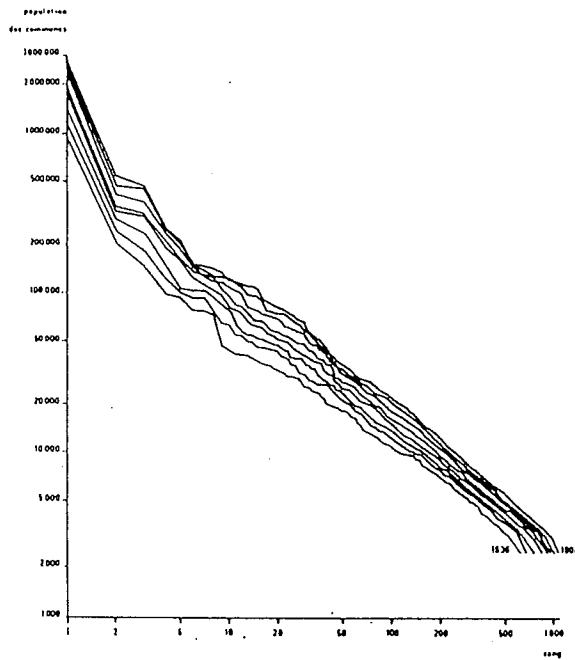
Cette conservation des grands équilibres incite à penser qu'un principe assure le maintien de l'état stationnaire du semis en dépit des turbulences que traduisent les phénomènes contemporains de croissance périphérique des villes (suburbanisation, rurbanisation, créations de nouveaux types de centres associés aux formes nouvelles de la grande distribution: les hypermarchés). La trame urbaine est un palimpseste, héritage du passé en perpétuel changement; la permanence des structures spatiales n'en est malgré tout pas affectée.

De fortes présomptions existent donc pour que la régularité de la trame urbaine soit un fait structurel dont le modèle hexagonal puisse rendre compte.

Figure 27

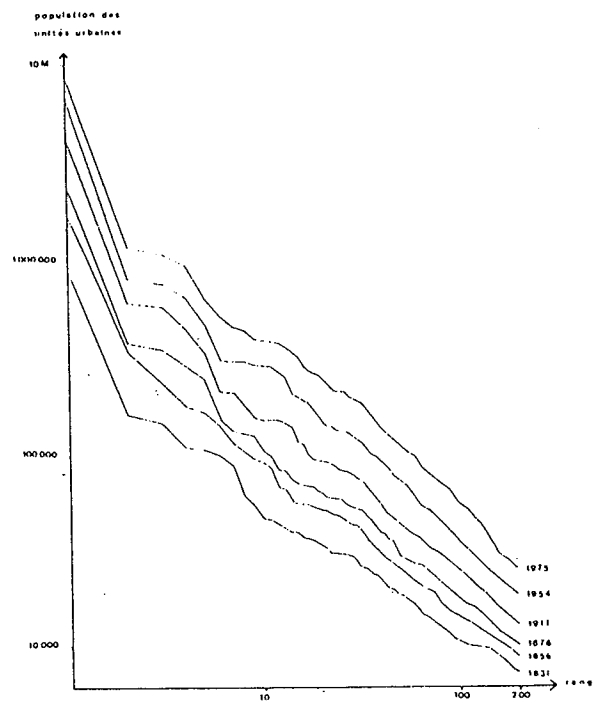
Distributions rang-taille

Évolution de la distribution rang-taille des communes françaises
par périodes de 10 ans entre 1836 et 1906



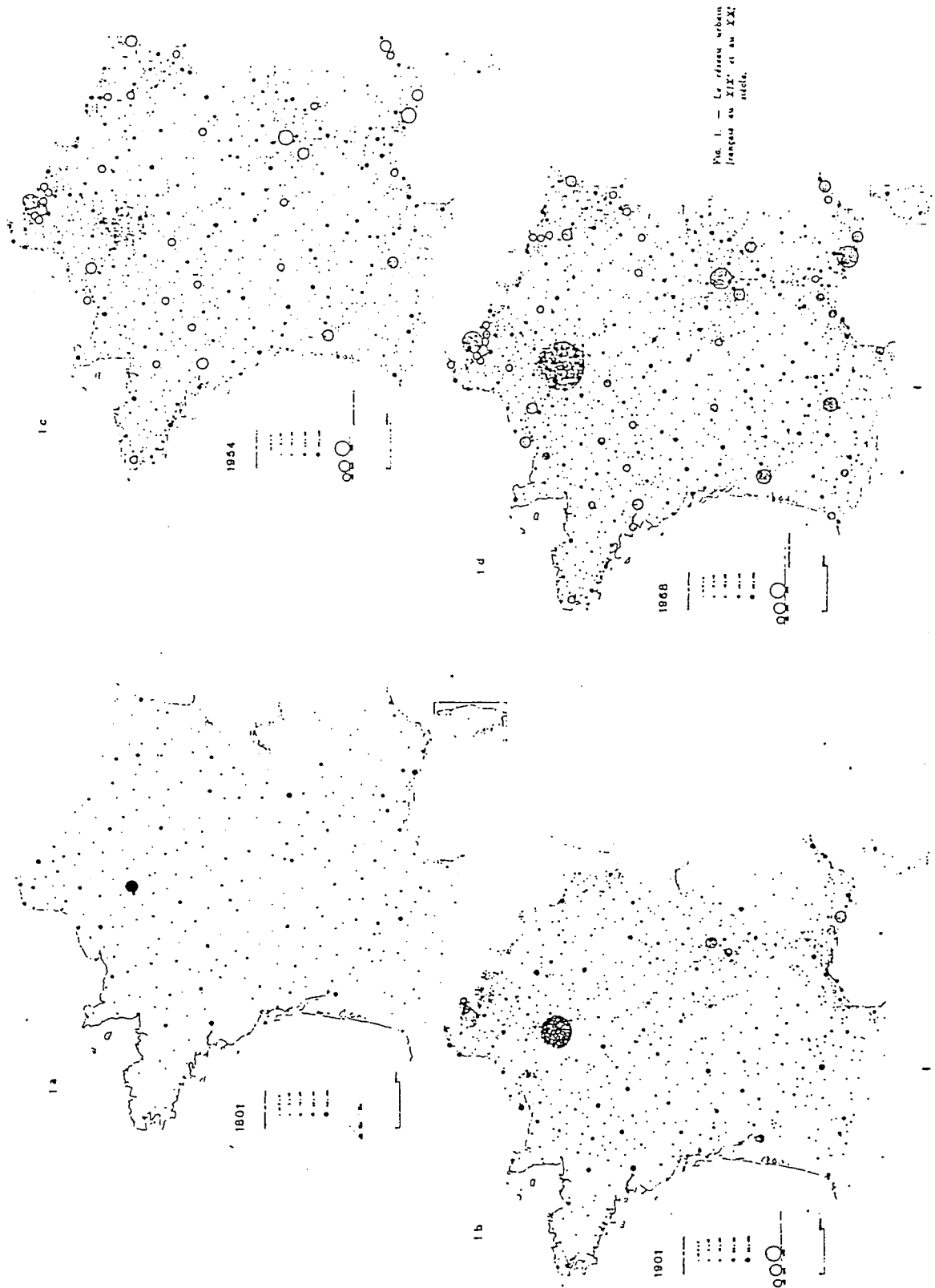
Source : Recensements de population

Évolution de la distribution rang-taille des unités urbaines
entre 1831 et 1975



Source: Pumain, Denise; 1982: 97 et 165. *La dynamique des villes*. Paris: Economica
Protégé par © (Toute reproduction autre qu'à usage privé du copiste est interdite).

Figure 28 Trame des villes au XIXème et au XXème siècles



Source: Fontanel, Colette et Peseux, Chantal; 1976: 252 et 253. "Potentiel de population et réseau urbain en France". *L'Espace Géographique* 4. Protégé par © (Toute reproduction autre qu'à usage privé du copiste est interdite).

2.1.2. Le choix des centres

En l'absence d'une définition possible des "centres" ¹, le critère statistique est une commodité à ne pas négliger. L'échantillon "communes comptant au moins 2.500 résidents en 1982", norme de définition de la "population urbaine" dans divers pays (exemple : les U.S.A.), est celui d'études antérieures menées sur l'échelon national (notamment, pour la France : Pumain 1982, voir Sous-Partie 2.1.1.). Le nombre d'unités spatiales à traiter en conservant ce seuil (plus de 3.200 communes) amène immédiatement à se soucier de la gestion des données.

Fin 1987 - début 1988, l'Institut de Géographie de Rouen ne disposait pas d'un fichier des communes françaises sur support informatique. Les chiffres quant au nombre et effectif des communes donnés plus haut (voir: Sous-Partie 2.1.1.) résultaient de l'exploitation manuelle des informations du volume bleu de l'INSEE "Population de la France".

Parallèlement, se posaient les questions de la récupération des coordonnées - pour le calcul ultérieur des distances -, puis de la cartographie des centres.

Le recours simultané aux fonds de carte communaux IGN - RECLUS- Maison de la Géographie et au logiciel de cartographie automatique développé à l'Institut de Géographie de Rouen : *Edicart* (© Patrice Langlois) pouvait en principe pallier ces problèmes. Des préliminaires étaient nécessaires: assurer la compatibilité des fichiers départementaux regroupant les informations graphiques communales (fichiers fournis par RECLUS- Maison de la Géographie) avec les formats *Edicart* ; assembler les fonds de carte départementaux pour construire le fond de carte national (sous *Edicart* ce contour est obtenu par juxtaposition de toutes les limites communales bordières du territoire national); enregistrer la série statistique des "Populations Sans Doubles Comptes": P.S.D.C. afin de sélectionner un seuil ².

¹ Tous les auteurs travaillant sur la ville ont effectué le même constat. La mise au point faite par Georges Chabot en 1948 cadre encore fort bien la réflexion (Chabot 1948: 7-16).

L'une des ambitions de Walter Christaller était précisément d'obvier à ceci en substituant au vocable "ville" celui, neutre, de lieu central. Il exprima au cours d'une séance de travail du *Reichsarbeits Gemeinschaft für Raumforschung* (26 Octobre 1940) son espoir que l'expression "lieu central" soit largement utilisée, pour préciser la pensée et ne pas avoir à choisir entre les mots ville et village. Il devait aussi à cette occasion donner un sens légèrement différent au "lieu central" : "le lieu central est une pure fonction du domaine administratif". (Christaller 1940c: 504). Texte allemand: "Der zentrale Ort ist eine reine funktion des landwirtschaftlichen Gebiets".

² *Edicart* travaille à partir d'unités spatiales affectées d'un identificateur et appelées dans la terminologie du logiciel "régions". Chaque "région" *Edicart* possède un et un seul centre, calculé par le logiciel (centre géométrique) ou choisi par l'utilisateur (coordonnées à fournir), centre où sont cartographiées les valeurs numériques à représenter en implantation ponctuelle. Toute sortie graphique d'une sélection de centres de "régions" *Edicart* oblige à traiter initialement toutes les "régions" *Edicart* constitutives du fond de carte (soit, dans le cas qui m'intéressait les quelques 36.000 communes !) puis à attribuer à chacune d'elles une valeur numérique pour le choix des centres . . .

En fait, cinq fichiers départementaux étaient utilisables par *Edicart* (Seine-Maritime, Calvados, Orne, Manche, puis Eure) et le fond de carte régional Normandie n'était pas réalisable, faute d'un programme opérationnel de collage des fonds de carte départementaux. Il était donc hors de question de compter sur la concrétisation, dans un avenir proche, du fond de carte France métropolitaine continentale, ultime étape de l'assemblage de 94 fonds départementaux³.

L'obtention du fond de carte - étape obligée, toutefois en rien objet de la recherche - ne pouvait être aisément réglée de façon informatique: la solution d'une cartographie automatique s'imposait.

Dans cette optique, deux priorités apparaissaient:

- 1) se procurer des données graphiques (contour de la France métropolitaine continentale, coordonnées des centres des communes d'au moins 2.500 résidents en 1982), données graphiques pas nécessairement compatibles avec *Edicart* ;
- 2) réduire l'échantillon de communes à traiter.

- 1) Se procurer les données graphiques

La mise à disposition par la Maison de la Géographie du fichier IGN - RECLUS *Trans 4*⁴, utilisable dès Avril 1988⁵, a constitué une étape importante.

Le fichier *Trans 4 - Centres des communes* - rassemble les informations relatives aux communes de plus de 2.000 habitants (en 1982) sous forme d'enregistrements composites (mélange de variables numériques et alphabétiques) incluant entre autres, le code INSEE, les coordonnées en X et en Y du centre (source: carte IGN au millionième), la population sans doubles-comptes (P.S.D.C. 1982; source: INSEE). Déjà, on peut à partir de l'exploitation du fichier *Trans 4* obtenir une visualisation de toute sélection de communes, sous forme d'un nuage de points. L'écriture du programme *Nuages*⁶ répondait à cet objectif. La Figure 24 (voir: Sous-Partie 2.1.1.) donne un exemple de traitement: celui des communes de la France métropolitaine continentale comptant au moins 2.500 habitants au R.G.P. 1982 (R.G.P.: Recensement Général de la Population), représenté à l'échelle 1 cm = 40 km : 1 / 4.000.000 ème. Tout l'intérêt de cette transcription graphique apparaîtra si l'on parvient à l'associer à un programme de tracé automatique d'hexagones.

Dans tous les cas, le contour de l'aire nationale fait défaut. Et on est contraint de revenir à la solution de tracé manuel. La *Carte administrative de la France* (Cartographie automatique IGN - © IGN 1987 - Echelle 1 / 1.400.000, partition élémentaire: niveau cantonal) est le support de toutes les cartes que j'ai dessinées pour cette recherche.

³ Philippe Landa abordait alors l'ensemble de ces aspects essentiellement techniques et informatiques comme objet de thèse, visant l'élaboration d'un Système d'Information Géographique couplé à une banque de données (non constituée) et au logiciel *Edicart*. Thèse en cours.

⁴ Communiqué par la Maison de la Géographie à l'Equipe M.T.G. (R.C.P. 852 devenue U.R.A. 1351) de l'Institut de Géographie de Rouen, membre du réseau RECLUS.

⁵ Je tiens à souligner la coopérativité de Frédéric Maury dont l'aide efficace, désintéressée, et toujours spontanée a grandement contribué à l'avancement de mes travaux.

⁶ *Nuages* programme écrit en Pascal UCSD, fonctionnant sur IBM sous MS/DOS. Structure initiale, routines de lecture du fichier *Trans 4* et de dessin sur traceur Benson 1302: Frédéric Maury.

2) Réduire l'échantillon de communes à traiter; sur quels critères ?

Lors de l'application du modèle hexagonal à la Haute-Normandie (Adam S. 1986), j'avais opté pour l'emploi combiné de quatre séries statistiques en matière de commerces et services ⁷. Un seuil significatif de douze commerces résidents était apparu en Haute-Normandie.

Cette technique faisant référence à des séries statistiques non suivies et publiées à des dates différentes doit cependant être abandonnée ⁸. A l'évidence, il faut absolument utiliser des statistiques unifiées sur l'ensemble du territoire, de diffusion nationale et faciles à se procurer. L'Inventaire Communal 79/80 ne fournit aucun chiffre susceptible d'appréhender la réalité des lieux centraux ⁹. Force est de recourir aux volumes de populations, beaucoup moins significatifs qu'une information sur l'équipement tertiaire (même sans évaluation du dynamisme de cet équipement).

L'utilisation des "unités urbaines" est à envisager; elle n'est pas sans susciter quelques commentaires. "Les "unités urbaines" définies par l'INSEE pour tenir compte des noyaux urbains, présentent [des] inconvénients du fait de leur extension territoriale très variable (à partir d'une commune "ville isolée", certaines englobant plus d'une trentaine de communes, voire 330 pour Paris...). Elles ne sont guère pertinentes dans les aires de forte urbanisation (où elles tendent à la coalescence) et dans les secteurs où le fait urbain calque un axe (regroupement de centres indépendants, disséminés sur plusieurs kilomètres, dans une même agglomération)" (Adam S. 1987: 13). "Leur principal intérêt est d'intégrer dans des centres réels les banlieues résidentielles" (Adam S. 1986: 42).

Que penser néanmoins de conglomérats urbains dont le "centre polarisant" ne représente même pas 15% de l'ensemble de l'agglomération ¹⁰ ?

Est-il loisible de s'appuyer sur l'identification de "paliers" dans la série statistique des populations ?

⁷ Le "nombre de commerces par communes" (source: fichier SIRENE - INSEE 1983); la "présence simultanée des services et commerces essentiels" (source: Liste communale L4, rubrique 15, Inventaire Communal 1979/80, exploitation particulière du fichier Haute-Normandie); la "présence d'un pharmacien" et la "présence d'un médecin" (sources: Inventaire Communal 1979/80).

⁸ "Parlons un peu chiffres..." ; Pour une analyse critique et tonique de l'utilisation des séries statistiques en géographie, je renvoie à cet article des *Brouillons Dupont* (Dumolard et Collectif de chercheurs 1978 a et 1978 b).

⁹ Les décomptes communaux par commerce et service s'arrêtent au plafond "5 et plus". L'indicateur "nombre d'habitants nécessaires pour faire vivre un [équipement donné]", publié par l'INSEE dans l'opuscule *La France des commerces* (édition de 1983) est une notion spécialement attrayante. Les chiffres communiqués sont malheureusement des résultats, peu utilisables : pour chaque type d'équipement, nombre moyen national d'habitants pour un établissement recensé.

¹⁰ L'exemple le plus frappant - pour les unités urbaines de plus de 100.000 habitants en 1982 - est sans aucun doute celui d'Hagondange-Briey. L'unité urbaine d'Hagondange-Briey comptait en 1982 119.669 habitants, répartis sur 23 communes. Les deux communes ayant donné leur nom à l'agglomération abritaient respectivement en 1982: Hagondange 9.091 habitants, Briey 4.357 habitants. Rombas, la commune la plus peuplée de l'unité urbaine, rassemblait quant à elle 11.733 habitants en 1982, soit 9,8% de la population totale de l'agglomération.

Autres cas notables de communes-mères d'unités urbaines de plus de 100.000 habitants en 1982 et qui pesaient fort peu dans le volume de l'agglomération: Béthune (9,9% des habitants de l'unité urbaine de même nom), Valenciennes (11,5%), Lens (11,7%).

La mise en évidence de ces paliers dans une série préalablement classée selon l'ordre décroissant des effectifs est - théoriquement - possible en appréciant les discontinuités fragmentant la distribution des tailles de villes dans un repère à coordonnées logarithmiques où l'on porte en abscisse le numéro d'ordre, en ordonnée la valeur correspondante.

Il s'agit là d'une interprétation de la loi rang-taille ou loi de Zipf, laquelle établit la liaison suivante entre le rang (numéro d'ordre dans la série décroissante) et la taille (mesurée par l'effectif) des villes:

$$P_r = P_1 / r^q$$

avec:

| | |
|-------|---|
| P_r | population de la ville de rang r ($r > 1$) |
| P_1 | population de la ville la plus peuplée (rang 1) |
| r | rang |
| q | exposant (proche de 1) |

La loi de Zipf admet donc une droite d'ajustement ayant pour équation:

$$\log P_r = -q \log r + \log P_1$$

On pose habituellement l'exposant q égal à l'unité; dans le repère à coordonnées logarithmiques, la représentation graphique de la loi de Zipf est alors une droite d'ajustement de coefficient directeur (ou pente) -1 ¹¹.

Préconisée par Walter Christaller (voir: Sous-Partie 1.2.2., note 10), la technique graphique de repérage des seuils a été employée avec succès pour décrire la fraction supérieure des hiérarchies urbaines, par exemple celles du Nord et de départements lorrains (Adam H. et loos 1964), ou de la France (Noin et Brocard 1976).

Un hiatus subsiste: les échelons de la fraction inférieure des hiérarchies n'apparaissent pas sur les diagrammes.

De nombreux auteurs ont confronté les distributions observées aux lois statistiques rendant compte de distributions. Certains se sont attachés à l'interprétation de la forme de la distribution des tailles de villes, aux processus d'équilibre dynamique que sous-tend le maintien de cette force sur le long terme en dépit des phénomènes de croissance (voir: Pumain 1982).

¹¹ Discuter la loi de Zipf entraînerait trop loin. Je renvoie aux auteurs ayant traité la question notamment August Lösch (1943), Brian Berry (1967b), Denise Pumain (1982) et aux bibliographies qu'ils ont fournies.

Je rappelle que la règle rang-taille a été introduite par Félix Auerbach (1913). La réflexion a pourtant été menée ensuite indépendamment de cette règle, sur la base de la loi de répartition formulée par Pareto:

$$\log y = A - \partial \log x$$

où x représente la taille des revenus, y le nombre de personnes ayant un revenu supérieur ou égal à x , A et ∂ étant des constantes pour une situation donnée.

H.W. Singer applique en 1936 la formule, non plus aux revenus, mais aux populations. Il calcule la valeur du coefficient ∂ pour divers pays et obtient des chiffres peu différents de 1 : 0,99 (Angleterre 1921), 1,03 (U.S.A. 1920), 1,05 (Allemagne 1933). En 1941, G. K. Zipf s'aperçoit que si les villes sont classées par ordre décroissant d'effectifs, le numéro d'ordre de chacune multiplié par son volume de population doit être égal au volume de population de la métropole et ce pour toutes les villes. Si on pose, suivant Singer, ∂ égal à 1 ($\partial = q$ dans la notation de Zipf), la loi de Zipf est celle de Pareto et A correspond à la population de la métropole (ville de rang 1). Pour un exposé technique et détaillé, voir le texte-source de cet abrégé: Lösch 1959 [1943]: 436.

Rares sont ceux qui ont tenté de s'appuyer sur les lois de distribution elles-mêmes, plutôt que sur la représentation graphique des distributions des tailles de villes, afin de déterminer les paliers des hiérarchies urbaines ¹².

On sait que la droite d'ajustement de la loi de Zipf a pour équation:

$$\log P_r = -q \log r + \log P_1$$

$$f(r) = y = a x + b$$

La loi de Zipf n'étant jamais strictement vérifiée, la valeur de "q" fluctue autour de sa valeur théorique posée à 1. L'idée est d'exploiter cette variabilité, l'hypothèse sous-jacente d'assimiler tout changement significatif de la valeur de "q" à un changement de niveau hiérarchique.

Une première possibilité consiste à écrire:

$$q = \log(P_1 / P_r) / \log r$$

Le calcul séquentiel de "q" pour toute la série est alors influencé par le poids de "b" ($b = \log P_1$), le terme indépendant de l'équation de la droite ¹³.

Les oscillations de la courbe des valeurs de "q" ainsi calculé révèlent-elles les seuils recherchés ? Dans le cas de la Haute-Normandie (Adam S. 1986: 43), l'examen de cette courbe n'a rien apporté de nouveau, voire moins que celui du diagramme établi dans le repère logarithmique.

Une seconde possibilité est de considérer la variation du coefficient directeur de la droite entre chaque couple de points successifs, de façon à neutraliser le terme indépendant de l'équation de la droite.

Quels que soient i et j deux points distincts de la droite, on a:

$$\begin{aligned} \text{en } i : & \quad \log P_i = a \log r_i + b \\ \text{en } j : & \quad \log P_j = a \log r_j + b \\ \text{et : } a & = (\log P_j - \log P_i) / (\log r_j - \log r_i) \end{aligned}$$

¹² L'initiative prise en ce sens par August Lösch doit être mentionnée comme exemple d'interprétation des travaux de Singer.

D'après August Lösch, "si [q] est égal à 1, un accroissement de quatre fois, par exemple, du minimum de population signifie une réduction du quart du nombre des villes d'une classe donnée. Réciproquement, si le nombre de villes décroît à concurrence d'un quart, leur population minimale doit être multipliée par quatre" (Lösch 1959[1943]: 436). Suit une application à l'Iowa, avec un choix - arbitraire, mais pratique, précise l'auteur - d'un multiplicateur 4 (en conformité avec les postulats du système théorique à $k = 4$). Le calcul des effectifs minima des classes de tailles de villes est effectué sur la base de l'effectif moyen du niveau élémentaire de la hiérarchie (moyenne des valeurs observées pour les entités de moins de 1.000 habitants en 1930).

La méthode suggérée par August Lösch est ainsi celle d'une progression géométrique des limites inférieures des classes de villes. La raison de la suite géométrique, 4, est justifiée par le type de système régional analysé, $k = 4$. Le premier terme de la suite est une caractéristique du système à l'étude (moyenne d'effectifs observés). Robson puis, conséquemment Denise Pumain (souci de comparabilité des travaux), ont également utilisé des limites de classes de tailles de villes en progression géométrique; toutefois les raison (= 2) et premier terme (= 2.500) étaient des choix arbitraires.

¹³ "q" coïncide aussi avec l'exposant (noté b) de la "loi hypothétique de la forme $P_2 = P_1 / 2^b$, $P_3 = P_1 / 3^b$, où P_1, P_2, P_3 sont les populations de premier, second et troisième niveau" (Hussy, Mercier et Raffestin 1985: 27, note 2), posée par Allen et Sanglier pour prendre en compte l'innovation dans un modèle de croissance urbaine (voir: Hussy, Mercier et Raffestin 1985). C'est pourquoi j'avais utilisé l'appellation "indice d'Allen et Sanglier" dans l'application à la Haute-Normandie (Adam S. 1986). Que la lettre "b" désigne, le coefficient directeur de la droite - dans la notation reprise par Charles Hussy -, le terme indépendant de cette même droite - dans la notation traditionnelle -, ne clarifie évidemment pas les choses.

La courbe de variation de "a" ($a = -q$) est cette fois pertinente: les infléchissements isolent nettement les strates de la hiérarchie des villes. Les essais sur la Haute-Normandie (Adam S. 1986), puis sur l'ensemble "département du Calvados et arrondissements limitrophes" l'attestent (Adam S. 1987).

Cette "méthode", laquelle revient précisément à étudier la dérivée de la fonction "effectifs", semble pour le moment la plus efficiente.

Procéder à l'examen des valeurs de "a" (ici: dérivée de la fonction "effectif des communes abritant au moins 2.500 résidents au R.G.P. 1982") exige d'abord de classer les valeurs de la fonction; le recours à la procédure de tri du tableur *EdiTabl* (intégré dans le logiciel *EdiCart*) passe par la fabrication de fichiers de réels au format *EdiTabl* à partir du fichier composite *Trans 4*.

EdiTabl est un tableur comportant 8189 cellules: or, le nombre approximatif de données à stocker dans ce tableur est au minimum de $3.600 \times 3 = 10.800$ (3 variables indispensables pour chaque commune: le numéro d'ordre, l'identificateur INSEE, la population). Il faut donc traiter l'information région par région et non à l'échelon national. Et comme les données devront être ensuite employées pour les calculs de distance, il est judicieux de constituer directement des fichiers à cinq variables (les trois variables citées, plus les coordonnées en X et en Y des centres des communes).

Vingt-et-un fichiers régionaux ont été créés ¹⁴. Toutefois la division de Paris-ville en 20 entités distinctes (arrondissements) a obligé à des modifications de détail du fichier Ile de France. Arbitrairement, j'ai choisi d'affecter la somme des habitants de Paris-ville au centre du 4ème arrondissement: l'Hôtel de Ville de Paris.

Les lignes de ces fichiers, initialement dans l'ordre numérique des codes INSEE des communes, ont été ré-ordonnées suivant les valeurs décroissantes de la population communale et, après mise au point d'une routine de calcul de la dérivée ¹⁵, les valeurs de "a" ont été calculées.

Pour treize des vingt-et-une séries chiffrées obtenues, le seuil significatif est enregistré quand on rencontre la première valeur de "a" strictement inférieure à (- 1), laquelle coïncide avec la première valeur du degré hiérarchique inférieur.

| Région | Communes | valeur suivante de "a" |
|-------------------|-------------------------|------------------------|
| Ile de France | Paris | - 4,41 |
| Champagne-Ardenne | Reims | - 1,48 |
| Picardie | Amiens | - 1,05 |
| Haute-Normandie | Le Havre, Rouen | - 1,96 |
| Basse-Normandie | Caen | - 1,85 |
| Bourgogne | Dijon | - 1,33 |
| Lorraine | Metz, Nancy | - 2,13 |
| Franche-Comté | Besançon | - 1,15 |
| Pays de la Loire | Nantes, Le Mans, Angers | - 2,39 |
| Bretagne | Rennes, Brest | - 2,25 |
| Midi Pyrenées | Toulouse | - 2,76 |
| Limousin | Limoges | - 1,45 |
| Auvergne | Clermont Ferrand | - 1,56 |

¹⁴ Programme *Elfes*. Un fichier par région administrative, le code INSEE régional servant de variable de sélection. Les routines de lecture/conversion des informations de *Trans 4* sont celles de *Nuages* - © Frédéric Maury. Comme tous les programmes que j'ai "conçus" pour cette recherche, *Elfes* est écrit en Pascal UCSD, sous MS/DOS et fonctionne sur IBM-PC.

¹⁵ Programme *Zipf*. Pour chaque région; calcul séquentiel de "a" entre deux communes successives selon l'ordre décroissant de leur population.

On sélectionne ici, exclusivement et sans surprise, les capitales régionales officielles et les très grandes villes régionales sans statut. La première valeur de "a" strictement inférieure à (- 1) isole incontestablement la partie supérieure de la hiérarchie urbaine de ce groupe de régions.

Plus intrigante est la promotion de grandes villes (type Bourges) ou de villes de moindre importance (telle Niort) alors que simultanément des très grandes villes (comme Grenoble ou Nice) sont écartées, si l'on s'en tient à ce critère "première valeur de "a" strictement inférieure à (- 1)" dans les huit autres séries chiffrées.

On songe immédiatement au manque de pertinence de la partition communale. C'est partiellement vrai: en utilisant les chiffres de population des unités urbaines et non plus ceux des communes pour le calcul de "a" on voit apparaître un seuil entre Orléans et Bourges par exemple (et "a" = - 1.26); en revanche, pour la région Provence Alpes Côte d'Azur, en opérant la même substitution, on identifie toujours un seuil entre Marseille et Nice (avec "a" = - 1.3). La scission de la conurbation lilloise est un autre aspect de l'effet communal.

| | | |
|--------------------|--|------------------------|
| Région | Communes | valeur suivante de "a" |
| Centre | Tours, Orléans, Bourges | - 1,34 |
| Poitou Charentes | Poitiers, La Rochelle, Niort, Angoulême | - 1,14 |
| Région | Communes | valeur suivante de "a" |
| Nord Pas de Calais | Lille, Roubaix, Tourcoing, Calais, Dunkerque | - 1,13 |

Ce qui est aussi suggéré dans le cas de la région Nord Pas de Calais, c'est l'existence d'un "échelon" supplémentaire dans les régions abritant les supra-capitales régionales. Ce phénomène est parfaitement mis en relief dans la région Rhône-Alpes.

| | | |
|-------------|-------------------------|------------------------|
| Région | Communes | valeur suivante de "a" |
| Rhône-Alpes | Lyon | - 1,01 |
| | Saint-Etienne, Grenoble | - 1,05 |

Les grandes villes intermédiaires entre la(les) ville(s) majeure(s) et le reste de la hiérarchie régionale sont individualisées de façon similaire, par une valeur de "a" strictement inférieure à (- 1):

| | | |
|----------------------|-------------------------------|------------------------|
| Région | Communes | valeur suivante de "a" |
| Alsace | Strasbourg | - 1,15 |
| | Mulhouse | - 1,44 |
| Aquitaine | Bordeaux | - 1,31 |
| | Pau | - 1,21 |
| Languedoc Roussillon | Montpellier, Nîmes, Perpignan | - 1,31 |
| | Béziers | - 2,56 |

Languedoc Roussillon n'illustre-t-elle pas par ailleurs la région non cohérente du point de vue de sa trame urbaine, greffée sur un littoral, et dont le type le plus achevé est Provence Alpes Côte d'Azur ?

| | | |
|----------------------------------|-----------|------------------------|
| Région | Communes | valeur suivante de "a" |
| Provence Alpes Côte d'Azur | Marseille | - 1,38 |
| | Nice | - 1,56 |
| | Toulon | - 1,36 |
| | Aix | - 1,38 |
| | Avignon | - 1,15 |

Il n'est donc pas concevable de s'appuyer sur les seules valeurs de "a" pour fonder un choix de centres ¹⁶.

Si on s'intéresse aux chiffres bruts de population relatifs, d'une part aux unités urbaines, d'autre part aux communes, on constate que la quasi totalité des centres qui viennent d'être cités sont en fait des agglomérations comptant au moins 100.000 habitants et dont la commune-mère abrite au moins 70.000 habitants (R.G.P. INSEE 1982).

Les seules exceptions sont Angoulême (agglomération de 103.552 habitants, commune de 46.197 habitants), Bourges et Béziers, dont la commune compte plus de 70.000 habitants, pour une agglomération de 92.202 habitants (Bourges), 81.347 habitants (Béziers) et Niort (agglomération de 61.959 habitants, commune de 58.203 habitants).

Angoulême est l'exemple de l'agglomération de plus de 100.000 habitants dont la commune-mère abrite moins de 70.000 habitants. En fixant à 70.000 habitants le seuil plancher de population communale, on évince Angoulême et 15 des 57 agglomérations de plus de 100.000 habitants ¹⁷. Niort se trouve également écartée, qui forme avec Angoulême le second degré hiérarchique de la région Poitou-Charentes dont seule la capitale peut être considérée comme élément de la partie supérieure de la hiérarchie nationale.

Un nouveau seuil de 80.000 habitants pour les agglomérations avec simultanément le seuil plancher de 70.000 habitants pour la population communale ne perturbe pas la pré-sélection: seules Bourges et Béziers sont concernées. Leur caractère exceptionnel m'incite à les conserver parmi les centres majeurs de la trame française.

En combinant l'information donnée par les valeurs de "a" (lesquelles ont tout de même permis de sélectionner les chiffres-clés de population) et par l'association des seuils de population communale et d'agglomération, 43 centres-clés se distinguent ¹⁸ (Figure 29).

Ces 43 centres, développés sur un noyau urbain, sont les *places centrales* majeures (Figure 30) sur lesquelles sont ajustés tous les tests graphiques qui doivent permettre l'identification de la trame urbaine de la France métropolitaine continentale.

L'appellation *place centrale* me paraît justifiée et est utilisée ici dans le sens où l'on parle d'une place financière: il s'agit d'un nœud vital de la trame urbaine.

¹⁶ La méthode manque peut-être de fiabilité mais surtout ses conditions d'application sont loin d'être satisfaisantes: il aurait évidemment fallu calculer "a" en considérant l'ordre des communes pour l'ensemble national. Des communes, pour que soient mises en évidence les villes intermédiaires. Et rien ne permet d'affirmer qu'alors le poids des communes de l'Île de France n'aurait pas brouillé les résultats...

¹⁷ Angoulême et Valence, Troyes, Montbéliard, Bayonne, Saint-Nazaire, Hagondange-Briey, Lorient, Thionville, Valenciennes, Béthune, Douai, Maubeuge, Lens, Annecy, Mantes la Jolie. Populations communales comprises entre 11.733 habitants et 68.348 habitants.

¹⁸ Liste complète: Paris, Reims, Amiens, Le Havre, Rouen, Tours, Orléans, Bourges, Caen, Dijon, Lille, Calais, Dunkerque, Metz, Nancy, Strasbourg, Mulhouse, Besançon, Nantes, Le Mans, Angers, Rennes, Brest, Poitiers, La Rochelle, Bordeaux, Pau, Toulouse, Limoges, Lyon, Saint-Etienne, Grenoble, Clermont Ferrand, Montpellier, Nîmes, Perpignan, Béziers, Marseille, Nice, Toulon, Aix, Avignon, Cannes.

Figure 29 Identification des places centrales (page 1 / 2)

| PLACES CENTRALES: IDENTIFICATION | | | | | | | | |
|--|---------------|--------------|--|------------------------|-------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| LES PLACES CENTRALES SONT INDIQUEES en GRAS OU EN ITALIQUES: | | | | | | | | |
| en gras : valeur de $a > -1$ (ou sommet de la hiérarchie) et commune comptant au moins 70.000 habitants, simultanément mère de l'agglomération (unité urbaine) | | | | | | | | |
| en italiques : commune comptant au moins 70.000 habitants et mère de l'agglomération (unité urbaine) | | | | | | | | |
| code région | coefficient a | code commune | nom commune / nom région / commentaire | effectifs 1982 commune | mère d'u.u. | nom u.u. si ≠ nom comm. | effectifs 1982 unité urbaine | eff. com maxi seuil inférieur |
| 11 | | | ILE DE FRANCE | | | | | |
| | | 75.104 | Paris | 2.176.243 | oui | | 8.706.963 | |
| | -4,41 | 92.012 | Boulogne Billancourt | 102.582 | non | Paris | 8.706.963 | |
| | -0,18 | 95.018 | Argenteuil | 95.347 | non | Paris | 8.706.963 | |
| | -0,07 | 93.048 | Montreuil | 93.368 | non | Paris | 8.706.963 | |
| | -0,09 | 78.646 | Versailles | 91.494 | non | Paris | 8.706.963 | |
| | -0,04 | 93.066 | Saint-Denis | 90.829 | non | Paris | 8.706.963 | |
| | -0,16 | 92.050 | Nanterre | 88.578 | non | Paris | 8.706.963 | |
| | -0,29 | 94.081 | Vitry sur Seine | 85.263 | non | Paris | 8.706.963 | |
| | -0,46 | 94.068 | St Maur des Fossés | 80.811 | non | Paris | 8.706.963 | |
| | -0,24 | 92.025 | Colombes | 78.777 | non | Paris | 8.706.963 | |
| | -0,35 | 94.017 | Champigny / Mame | 76.176 | non | Paris | 8.706.963 | |
| | -0,03 | 93.005 | Aulnay sous Bois | 75.996 | non | Paris | 8.706.963 | |
| | -0,73 | 94.028 | Créteil | 71.693 | non | Paris | 8.706.963 | |
| | -0,12 | 92.004 | Asnières sur Seine | 71.077 | non | Paris | 8.706.963 | |
| | -0,70 | | (pas de seuil) | | | | | (67.719) |
| | -1,39 | | (valeur suivante < -1) | | | | | 55.699 |
| 21 | | | CHAMP ARDENNES | | | | | |
| | | 51.454 | Reims | 177.234 | oui | | 199.388 | 63.581 |
| 22 | | | PICARDIE | | | | | |
| | | 80.021 | Amlens | 131.332 | oui | | 154.498 | 63.567 |
| 23 | | | HAUTE NORMANDIE | | | | | |
| | | 76.351 | Le Havre | 199.388 | oui | | 254.595 | |
| | -0,97 | 76.540 | Rouen | 101.945 | oui | | 379.879 | |
| | -1,96 | | | | | | | 46.045 |
| 24 | | | CENTRE | | | | | |
| | | 37.261 | Tours | 132.209 | oui | | 262.786 | |
| | -0,36 | 45.234 | Orléans | 102.710 | oui | | 220.478 | |
| | -0,73 | 18.033 | Bourges | 76.432 | oui | | 92.202 | |
| | -1,34 | | | | | | | 51.942 |
| 25 | | | BASSE NORMANDIE | | | | | |
| | | 14.118 | Caen | 114.068 | oui | | 183.526 | 31.608 |
| 26 | | | BOURGOGNE | | | | | |
| | | 21.231 | Dijon | 140.942 | oui | | 215.865 | 56.194 |
| 31 | | | NORD P DE CALAIS | | | | | |
| | | 59.350 | Lille | 168.424 | oui | | 936.295 | |
| | -0,73 | 59.512 | Roubaix | 101.602 | non | Lille | 936.295 | |
| | -0,12 | 59.599 | Tourcoing | 96.908 | non | Lille | 936.295 | |
| | -0,82 | 62.193 | Calais | 76.527 | oui | | 100.823 | |
| | -0,20 | 59.183 | Dunkerque | 73.120 | oui | | 195.705 | |
| | -1,13 | | | | | | | 59.527 |
| 41 | | | LORRAINE | | | | | |
| | | 57.463 | Metz | 114.232 | oui | | 186.437 | |
| | -0,25 | 54.395 | Nancy | 96.317 | oui | | 306.982 | |
| | -2,13 | | | | | | | 40.573 |
| 42 | | | ALSACE | | | | | |
| | | 67.482 | Strasbourg | 248.712 | oui | | 373.470 | |
| | -1,15 | 68.224 | Mulhouse | 112.157 | oui | | 220.613 | |
| | -1,44 | | | | | | | 62.483 |

Les noms et codes sont ceux du CODE GEOGRAPHIQUE OFFICIEL. La terminologie "unité urbaine" (u. u.) est celle de l'I.N.S.E.E. Les effectifs sont ceux donnés par l'I.N.S.E.E. dans la série statistique des P.S.D.C. "Population Sans Doubles Comptes"

Source: I.N.S.E.E. - RECENSEMENT GENERAL DE LA POPULATION - 1982

COEFFICIENT a - valeurs de la dérivée de la fonction "effectif des communes" - SEUIL : VALEUR RETENUE a < -1

Figure 29

Identification des places centrales (page 2 / 2)

| PLACES CENTRALES: IDENTIFICATION | | | | | | | | |
|---|---------------|--------------|--|------------------------|-------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| LES PLACES CENTRALES SONT INDIQUEES en GRAS OU EN ITALIQUES: | | | | | | | | |
| en gras : valeur de a > - 1 (ou sommet de la hierarchie) et commune comptant au moins 70.000 habitants, simultanément mère de l'agglomération (unité urbaine) | | | | | | | | |
| en italiques : commune comptant au moins 70.000 habitants et mère de l' agglomération (unité urbaine) | | | | | | | | |
| code région | coefficient a | code commune | nom commune / nom région / commentaire | effectifs 1982 commune | mère d'u.u. | nom u.u. si ≠ nom comm. | effectifs 1982 unité urbaine | eff. com maxi seuil inférieur |
| 43 | | | FRANCHE COMTE | | | | | |
| | | 25.056 | Besançon | 113.283 | oui | | 120.772 | |
| | - 1,15 | | | | | | | 51.206 |
| 52 | | | PAYS DE LA LOIRE | | | | | |
| | | 44.109 | Nantes | 240.539 | oui | | 464.857 | |
| | - 0,70 | 72.181 | Le Mans | 147.697 | oui | | 191.080 | |
| | - 0,20 | 49.007 | Angers | 136.038 | oui | | 195.859 | |
| | - 2,39 | | | | | | | 68.348 |
| 53 | | | BRETAGNE | | | | | |
| | | 35.238 | Rennes | 194.656 | oui | | 234.418 | |
| | - 0,32 | 29.019 | Brest | 156.060 | oui | | 201.145 | |
| | - 2,25 | | | | | | | 62.554 |
| 54 | | | POITOU CHARENTES | | | | | |
| | | 86.194 | Poitiers | 79.350 | oui | | 103.204 | |
| | - 0,07 | 17.300 | La Rochelle | 75.840 | oui | | 102.143 | |
| | - 0,65 | 79.191 | Niort | 58.203 | oui | | 61.959 | |
| | - 0,80 | 16.015 | Angoulême | 46.197 | oui | | 103.552 | |
| | - 1,14 | | | | | | | 35.838 |
| 72 | | | AQUITAINE | | | | | |
| | | 33.063 | Bordeaux | 208.159 | oui | | 640.012 | |
| | - 1,31 | 64.445 | Pau | 83.790 | oui | | 131.265 | |
| | - 1,21 | | | | | | | 51.306 |
| 73 | | | MIDI PYRENEES | | | | | |
| | | 31.555 | Toulouse | 347.995 | oui | | 541.271 | |
| | - 2,76 | | | | | | | 51.422 |
| 74 | | | LIMOUSIN | | | | | |
| | | 87.085 | Limoges | 140.400 | oui | | 171.689 | |
| | - 1,45 | | | | | | | 51.511 |
| 82 | | | RHONE ALPES | | | | | |
| | | 69.123 | Lyon | 413.095 | oui | | 1.220.844 | |
| | - 1,01 | 42.218 | Saint Etienne | 204.955 | oui | | 317.228 | |
| | - 0,66 | 38.185 | Grenoble | 156.637 | oui | | 392.021 | |
| | - 1,05 | 69.266 | Villeurbanne | 115.960 | non | Lyon | 1.220.844 | |
| | - 2,50 | | | | | | | 66.356 |
| 83 | | | AUVERGNE | | | | | |
| | | 63.113 | Clermont Ferrand | 147.361 | oui | | 256.189 | |
| | - 1,56 | | | | | | | 49.912 |
| 91 | | | LANGUEDOC ROUSS | | | | | |
| | | 34.172 | Montpellier | 197.231 | oui | | 221.307 | |
| | - 0,67 | 30.169 | Nîmes | 124.220 | oui | | 132.343 | |
| | - 0,26 | 66.136 | Perpignan | 111.669 | oui | | 137.915 | |
| | - 1,31 | 34.032 | Béziers | 76.647 | oui | | 81.347 | |
| | - 2,56 | | | | | | | 43.268 |
| 93 | | | PROV ALPES C D A | | | | | |
| | | 13.055 | Marseille | 874.436 | oui | | 1.110.511 | |
| | - 1,38 | 06.088 | Nice | 337.085 | oui | | 449.496 | |
| | - 1,56 | 83.137 | Toulon | 179.423 | oui | | 410.393 | |
| | - 1,36 | 13.001 | Aix | 121.327 | oui | | 126.552 | |
| | - 1,38 | 84.007 | Avignon | 89.132 | oui | | 174.264 | |
| | - 1,15 | 06.029 | Cannes | 72.259 | oui | | 295.525 | |
| | - 0,90 | | (pas de seuil) | | | | | (62.859) |
| | - - - - | | - - - - - | | | | | |
| | - 1,13 | | (valeur suivante < - 1) | | | | | 50.500 |

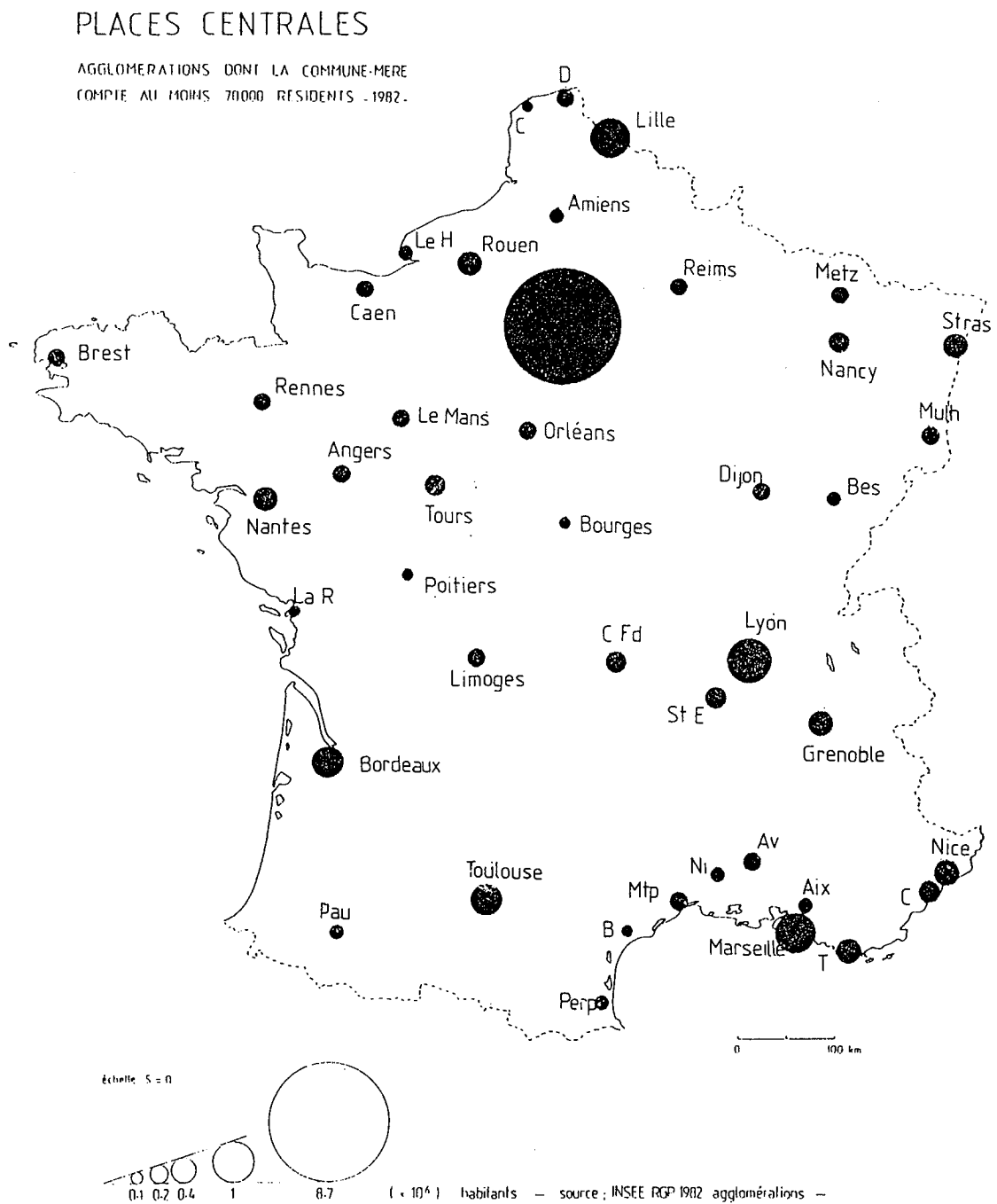
Les noms et codes sont ceux du CODE GEOGRAPHIQUE OFFICIEL. La terminologie "unité urbaine" (u. u.) est celle de l' I.N.S.E.E. Les effectifs sont ceux donnés par l' I.N.S.E.E. dans la série statistique des P.S.D.C. "Population Sans Doubles Comptes"

Source: I.N.S.E.E. - RECENSEMENT GENERAL DE LA POPULATION - 1982

COEFFICIENT a - valeurs de la dérivée de la fonction "effectif des communes" - SEUIL : VALEUR RETENUE a < - 1

Figure 30

Les places centrales majeures



Carte précédemment publiée sous le titre: "Agglomérations dont la commune-mère compte au moins 70.000 résidents en 1982". Dans: Adam, Sylvie et Guermond, Yves; 1989: "Des hexagones dans l'Hexagone". Mappemonde 4: 8. Protégé par © (Toute reproduction autre qu'à usage privé du copiste est interdite).

2.2. DECOUVRIR LA TRAME

"Et c'est tout à la fois que les sentiers se multiplient, qu'on voudrait s'engager dans tous, que chaque technique, chaque branche semble lourde d'espérances géographiques; au hasard des lectures, des stages, des colloques, on effleure quelque chose de neuf; à chaque ondulation du terrain, on découvre de nouveaux horizons. C'est parfois exaltant, fréquemment accablant ! Et l'on chemine, tandis que les anciennes certitudes s'effilochent, mais que rien ne vient encore les remplacer."

Henri Chamussy, 1978.

L'application graphique d'une trame d'hexagones à un semis urbain donné peut s'effectuer de deux manières.

La première est une *approche statistique*. Elle consiste à calculer l'espacement moyen des centres, égal au diamètre des hexagones de la première grille à esquisser, puis à superposer cette grille au semis des centres. Il suffit alors de caler la trame sur le semis, d'établir la trame selon la logique d'imbrication retenue (principe d'approvisionnement ou principe de circulation) et le tour est joué ! La trame urbaine est identifiée.

La seconde est une *approche cartographique*. On estime au départ un ordre de grandeur pour le diamètre de la première grille puis on essaye de superposer au semis urbain une palette de grilles possibles. On choisit la grille qui optimise au mieux la distribution spatiale des centres, on la cale, on construit la trame. La mise en évidence de la trame urbaine est réalisée.

De prime abord, ces opérations apparaissent extrêmement simples et d'une séduisante facilité... Tous ceux qui s'y sont effectivement essayé savent qu'il n'en est rien.

Le problème essentiel à résoudre dans la première approche est le calcul de la distance moyenne entre les centres qui permettra de tracer la grille adaptée au semis urbain traité (Sous-Partie 2.2.1.).

Le handicap majeur de la seconde approche réside dans l'établissement d'une gamme de grilles hexagonales (Sous-Partie 2.2.2.).

2.2.1. Esquisse d'une approche statistique

Plusieurs méthodes de calcul de la distance moyenne des centres existent et il convient avant de tester l'une ou l'autre, de s'interroger sur leurs avantages et inconvénients respectifs.

On pense notamment à la formule de calcul de l'espacement moyen de centres équidistants, postulat silhouettant le schéma hexagonal (voir: Calmès, Delamarre, Durand-Dastès et Gras 1981; Pumain 1984; Adam S. 1986):

$$d = 1.51967 \times (S / (N - 2))^{1/2}$$

avec : d: espacement moyen des centres
S: superficie
N: nombre de centres

Ce calcul suppose connus la superficie du territoire et le nombre total de centres.

Or, on cherche précisément à identifier les centres, à utiliser le schéma hexagonal comme "réactif" à cet effet, en prévoyant de surcroît des discontinuités dans la trame urbaine (hexagone ne renfermant aucun centre, ou l'inverse: plusieurs centres en lieu et place d'un seul centre d'hexagone).

Ce type de calcul n'est donc pas du tout approprié.

Le calcul de la distance moyenne au plus proche voisin ne serait pas non plus d'un grand intérêt. On aurait dans la majorité des cas des distances intra-agglomération (officielle ou officieuse) représentant un échantillon très spécifique des distances dans les seules aires de forte polarisation, l'échantillon de référence étant les communes d'au moins 2.500 habitants en 1982.

Le calcul de la distance moyenne au plus proche voisin de taille supérieure ou égale (selon les volumes de population communale) correspond mieux à l'objectif fixé: le calibrage de la trame hexagonale.

Ces distances risquent évidemment d'être redondantes (cas des communes participant d'une même agglomération), mais globalement on peut espérer qu'elles soient représentatives du semis étudié, sans être trop influencées par les aléas de la trame urbaine.

Autre aspect du problème qui ne saurait être négligé: il est impossible de stocker les matrices de distances régionales calculées et le calcul séquentiel des distances entre les communes préalablement classées selon l'ordre décroissant de leur volume de population - avec repérage simultané et stockage de la distance minimale - se prête très bien aux contraintes informatiques...

Le choix des distances euclidiennes, dans l'optique de l'application graphique du modèle géométrique, est correct.

On connaît la formule de calcul de ces distances dites "à vol d'oiseau": entre i et j deux points distincts de coordonnées : $i: (X_i, Y_i)$ $j: (X_j, Y_j)$

la distance euclidienne d_{ij} est égale à:
$$d_{ij} = ((X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2)^{1/2}$$

Le traitement des fichiers régionaux tirés de *Trans 4* a permis d'obtenir les distances euclidiennes au plus proche voisin de taille supérieure ou égale présent dans la région, pour chacune des communes d'au moins 2.500 résidents en 1982¹.

Que les distances aient été calculées à l'intérieur de chaque ensemble régional nuit à la crédibilité. Il s'agit de proximités régionales et l'information de base est faussée: les distances entre les places centrales retenues ne sont pas toutes prises en compte (notamment dans le Centre-Ouest où le niveau supérieur de la trame est scindé entre de multiples régions et ne peut donc pas être appréhendé) et les proximités inter-frontalières sont négligées.

Dans le cadre strict de l'hypothèse testée "existence d'une grille hexagonale de base d'environ 14 kilomètres de rayon et valable sur tout le territoire français", ceci n'était peut-être pas un handicap rédhibitoire. Mais les résultats se sont révélés décevants: il n'apparaissait pas de mode statistique bien individualisé (la "fourchette" modale autour de 14 km: 13 km, 14 km et 15 km, concerne au mieux 79+82+74=235 distances calculées, soit environ 9% d'une information non entièrement fiable ainsi que je l'ai déjà notifié) et les distances relevant de cette valeur "modale" n'étaient pas géographiquement regroupées. Rien ne permettait objectivement de se décider en faveur d'un espacement caractéristique qui serait le rayon de la grille hexagonale optimale².

Il aurait fallu fouiller beaucoup plus cette question pour en tirer des conclusions. J'ai préféré cependant abandonner cette direction: *Crystal* venait de naître, ouvrant la voie radicalement nouvelle d'une recherche graphique objet réel de cette étude.

¹ Programme *Voltirel* écrit en Pascal UCSD, sous MS/DOS.

² Le tableau ci-dessous synthétise les fréquences observées pour un éventail de distances entre 10 et 25 kilomètres.

| Distances | Ensemble des régions françaises | Ensemble des régions sauf Ile de France |
|-----------|---------------------------------|---|
| 10 | 111 | 101 |
| 11 | 117 | 112 |
| 12 | 85 | 82 |
| 13 | 79 | 74 |
| 14 | 82 | 79 |
| 15 | 74 | 59 |
| 16 | 63 | 60 |
| 17 | 51 | 49 |
| 18 | 58 | 56 |
| 19 | 67 | 66 |
| 20 | 49 | 48 |
| 21 | 56 | 54 |
| 22 | 48 | 46 |
| 23 | 51 | 50 |
| 24 | 36 | 35 |
| 25 | 25 | 25 |

2.2.2.

Approche cartographique

*Crystal*¹ - © Frédéric Maury - est un programme de tracé automatique de grilles hexagonales, "élaboré avec un souci constant de facilité de travail et de clarté pour l'utilisateur" (Maury 1988: 11, souligné de l'auteur).

Spécialement conçu pour cette recherche par Frédéric Maury², *Crystal* est un outil de travail très efficace qui permet d'obtenir rapidement toute grille d'hexagones après l'entrée au clavier de la longueur du côté de l'hexagone souhaitée.

Dès que *Crystal* a été disponible, j'ai sorti sur calques une banque de grilles d'hexagones depuis la grille 10 (composée d'hexagones de 10 millimètres de côté = rayon), jusqu'à la grille 45 (composée d'hexagones de 45 millimètres de côté).

La véritable phase de recherche cartographique pouvait commencer.

L'objectif: hiérarchiser les centres selon les niveaux (grilles) de la trame hexagonale à identifier.

L'idée sous-jacente: exercice d'une logique d'approvisionnement (progression géométrique de raison $3^{1/2}$ des distances entre deux degrés successifs de la hiérarchie) avec une grille d'hexagones d'environ 14 kilomètres de rayon à la base.

L'ensemble des matériaux à disposition: d'une part, le fond de carte *Carte administrative de la France* (© IGN 1987 - Echelle 1 / 1.400.000), de dimension approximative 72 x 72 centimètres, et les "points d'ancrage" de la trame: les 43 places centrales, centres des hexagones de haut niveau hiérarchique; d'autre part, la palette de grilles sur calques au format 21 x 29.7 centimètres.

Les règles d'ajustement des grilles hexagonales sur le semis urbain: elles doivent exister mais elles ne sont pas connues.

La première étape consiste à préparer une sélection de grilles hexagonales, sur des calques d'environ un mètre carré (réalisés par décalques successives du calque-source) pour travailler sur le fond de carte.

Plus la grille sera fine, plus les chances de trouver un ajustement fiable seront élevées, à condition de rester dans les limites du raisonnable: il faut pouvoir contrôler les calages tentés, en s'assurant que les centres érigés comme centre d'hexagone sont bien des nœuds vitaux de la trame urbaine.

¹ La première version disponible de *Crystal* fut la "version 1.1U développée en Pascal UCSD sous DOS 3.2 pour un compatible PC quelconque et un traceur HP7475A". (Maury 1988: 11). C'est la seule que j'ai utilisée, à l'époque où les sorties graphiques n'étaient possibles que sur format A4.

² Ma préoccupation essentielle dès le début de cette recherche était le tracé des grilles hexagonales. Pour les applications normandes, je les avais dessinées à la main à partir d'un pré-repérage des points d'arêtes des hexagones sur papier millimétré. Fastidieuse opération ! Quand j'en ai incidemment parlé au labo avec Frédéric (Maury), celui-ci m'a immédiatement proposé d'écrire un petit programme pour remédier à cet inconvénient.

Pour aller plus loin, il faut maintenant se décider en faveur d'une taille de grille .

La séquence d'espacement des centres en partant d'une distance de 14 kilomètres et selon le principe d'approvisionnement est la suivante: 24 ; 42 ; 73 ; 126 kilomètres (valeurs arrondies).
Soit, à l'échelle du fond de carte (1 mm = 1,4 km):17 ; 30 ; 52 ; 90 millimètres (valeurs arrondies).

Mais avant de poursuivre, il me semble indispensable de donner la règle de sélection d'une grille:
La grille mettant en évidence un *degré hiérarchique* donné des centres , est la *grille de niveau hiérarchique* immédiatement inférieur.

Je détaille un exemple pour faciliter la compréhension de ce point essentiel, jamais spécifié dans la littérature.

Si je désire tracer la grille d'hexagones dont les centres sont les places centrales d'un "Bassin Parisien" limité à l'île de France et ses régions limitrophes, comment dois-je m'y prendre ? J'admets que l'espacement moyen de ces places centrales est de 126 kilomètres ³ et que je travaille sur le fonds de carte *Carte administrative de la France* (que j'appellerai simplement par la suite "France administrative"). Les séquences données ci-dessus restent donc valables.

Réponse: je dois tracer la grille 52, dont les centres d'hexagones sont espacés de 126 kilomètres. Avec la grille 90, ce sont les sommets des six triangles équilatéraux constitutifs d'un hexagone de la grille qui sont espacés de 126 kilomètres.

De façon générale, il y a toujours un décalage d'un cran entre le degré hiérarchique des centres (n) et le niveau hiérarchique de la grille hexagonale à lui associer (n-1). C'est pourquoi je m'efforce de "réserver" l'expression *degré hiérarchique aux centres* et celle de *niveau hiérarchique aux grilles*.

Tableau synoptique: hiérarchie développée à partir d'une distance initiale de 14 kilomètres entre les centres

| Degré hiérarchique (centres) | Espacement des centres (km) | Niveau hiérarchique (grilles hexagonales) | Rayon des hexagones (km) | Numéro de la Grille à associer (si 1mm = 1.4 km) |
|------------------------------|-----------------------------|---|--------------------------|--|
| 5 | 126 | 4 | 73 | 52 |
| 4 | 73 | 3 | 42 | 30 |
| 3 | 42 | 2 | 24 | 17 |
| 2 | 24 | 1 | 14 | 10 |
| 1 | 14 | | | |

Les manipulations graphiques qui vont être exposées ont toutes été effectuées au moyen de la grille 30, suffisamment fine pour qu'apparaissent les places centrales les plus petites et conforme à notre hypothèse de départ.

Il est clair que la grille hexagonale ne sied jamais exactement à la trame urbaine à laquelle elle est

³ Attention ! Les distances euclidiennes utilisées ici ont été calculées à partir de coordonnées repérées sur un calque millimétré superposé au fond de carte *Carte administrative de la France* .

apposée. Les centres d'hexagones ne coïncideront que rarement avec la localisation précise des centres urbains.

Ce qui importe c'est d'attribuer à chaque centre urbain une cellule théorique qui symbolise son aire d'action, de trouver la plaque d'hexagones qui intègre le plus grand nombre possible de places centrales, de voir les divergences entre la situation observée et la structuration optimale hexagonale.

La superposition d'une grille d'hexagones à un fond de carte semble presque une activité ludique, vue de l'extérieur. La pratique de cette forme très particulière de jonglerie exige très vite la mise en place d'un système de repérage, sous peine de changer incessamment de calage, afin d'améliorer la position relative de tel ou tel centre dans son hexagone - ce qui parfois provoque la "sortie" d'un autre centre de la grille (tout centre positionné sur une arête d'hexagone est considéré comme sorti de la grille).

La technique à appliquer est simple.

Il faut impérativement prendre des amers en des points cardinaux diamétralement opposés et au centre de la carte, puis équilibrer la plaque ⁴.

Ensuite, il faut se préoccuper de l'orientation dominante de la grille. Les hexagones sont des figures orientées et dans le cas du principe d'approvisionnement, entre deux niveaux successifs, les hexagones présentent une rotation de 90 degrés: les sommets des hexagones du niveau inférieur "pointent" le milieu des arêtes des hexagones du niveau supérieur.

Ceci a des répercussions très importantes pour le calage de la grille. Il ne suffit pas d'attribuer au mieux un hexagone à chaque place centrale. Il est indispensable de vérifier que les centres qui seront promus avec la grille de niveau immédiatement supérieur sont effectivement les places centrales majeures.

Une règle d'or est à mémoriser à cet effet.

Les centres d'une grille donnée sont, dans la grille de niveau immédiatement inférieur, séparés soit par une arête d'hexagone, soit par deux hexagones contigus.

Et travailler avec deux grilles imbriquées, c'est à dire avec une trame ⁵, est une tactique qui réduit fortement le risque d'erreurs. J'ai procédé de cette manière.

Existe-t-il un calage possible des 43 places centrales majeures avec la trame 52 / 30 ? J'invite le lecteur à la reconstitution de ce test dans les pages qui suivent.

⁴ En fonction de la disposition des places centrales majeures, j'ai sélectionné comme amers: Brest, Rouen, Strasbourg, Aix-en-Provence, Toulouse, Clermont-Ferrand.

⁵ Par définition: voir Partie 2. Le numéro que j'attribue aux trames se compose du numéro de la grille la plus grande suivi du numéro de la grille la plus petite. Le numéro de la grille étant toujours la longueur du côté d'un hexagone constitutif de la grille, exprimé en millimètres, suivant échelle du fond de carte.

2.3. PREMIERS RESULTATS

Mettons en arrière-plan le fond "France administrative" et ses extensions septentrionale et orientale ¹, indispensables dans ces secteurs où la trame urbaine française jouxte d'autres trames urbaines nationales.

Déplaçons maintenant la trame 52 / 30 ² sur cet arrière-plan ³. Qu'observons-nous ?

1) Clermont-Ferrand étant positionné dans un hexagone Nord-Sud 52 / Ouest-Est 30 ⁴, il apparaît que quatre des cinq autres amers se localisent aussi dans un hexagone Nord-Sud 52 / Ouest-Est 30: Brest, Strasbourg, Rouen, Toulouse.

Brest et Strasbourg se trouvent d'ailleurs sur la même ligne continue d'hexagones Nord-Sud 52.

Par *ligne continue d'hexagones*, j'entends un alignement d'hexagones de n'importe quelle grille, hexagones soudés les uns aux autres sur toute la longueur d'un de leur côté (jonction linéaire). Par analogie, on pourrait parler "d'hexagones siamois". Lorsque les hexagones d'une grille forment une ligne où chaque hexagone semble - par artefact visuel - "détaché", séparé de son voisin par une arête associant un sommet de chacun de ces hexagones "distincts" (jonction ponctuelle), je parle de *ligne fragmentée d'hexagones*. (Figure 31).

Aix et Marseille sont des centres bloqués, relégués dans le même hexagone final Ouest-Est 30.

Je nomme *hexagone final* dans une trame, un hexagone qui a atteint, par construction, son plus haut niveau hiérarchique possible. Son centre ne peut pas devenir centre d'une grille supérieure: il s'agit d'un *centre bloqué*. (Figure 31)

Que se passe-t-il si nous inversons le sens des trames ?

2) Clermont-Ferrand étant positionné au centre d'un hexagone Ouest-Est 52 / Nord-Sud 30, les quatre autres amers auxquels on peut affecter simultanément un hexagone Ouest-Est 52 / Nord-Sud 30 sont: Brest, Strasbourg, Rouen, Aix.

Brest et Strasbourg se trouvent dans ce cas sur la même ligne fragmentée d'hexagones Ouest-Est 52.

Le centre bloqué est Toulouse, centre d'un hexagone final Nord-Sud 30.

¹ Adjonction des villes belges: Brugge, Gent, Antwerpen, Brussel, Charleroi, Dinant, Namur, Liège, de Luxembourg, des villes allemandes: Aachen, Köln, Bonn, Koblenz, Wiesbaden, Mainz, Frankfurt am Main, Darmstadt, Mannheim, Heidelberg, Saarbrücken, Karlsruhe, Stuttgart, Freiburg im Breisgau, des villes suisses: Bern, Lausanne, Genève, de Torino (Italie).

² La trame 52 / 30, à l'échelle de la carte, c'est la trame prévoyant un espacement des centres d'hexagones de 126 / 73 kilomètres. Le postulat de départ étant un espacement des centres élémentaires de 14 kilomètres, la grille 52 met en évidence les centres de degré hiérarchique 5, la grille 30 les centres de degré hiérarchique 4 (voir: Sous-Partie 2.2.2.).

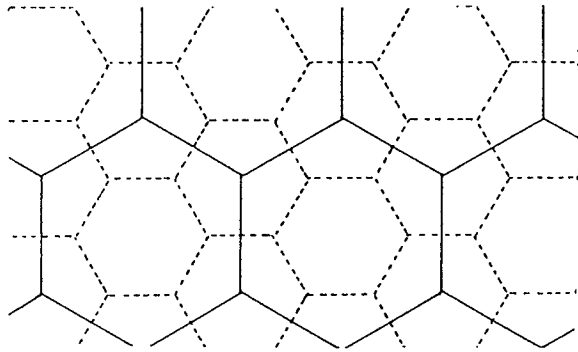
³ Dans l'impossibilité de fournir une copie des documents de travail (planches d'environ un mètre carré), je fais appel à la bienveillance et à l'imagination du lecteur.

⁴ J'appelle hexagone Nord-Sud un hexagone qui "pointe" *plutôt* vers le Nord, hexagone Ouest-Est un hexagone qui "pointe" *plutôt* vers l'Ouest. Ceci pour des commodités de lecture suivie. Il s'agit de *directions très générales*, non d'orientations précises. On pourrait s'appuyer sur les autres diagonales des hexagones et le sens donné à la direction n'a aucune importance: parler d'hexagone Nord-Sud ou d'hexagone Sud-Nord est ici strictement équivalent.

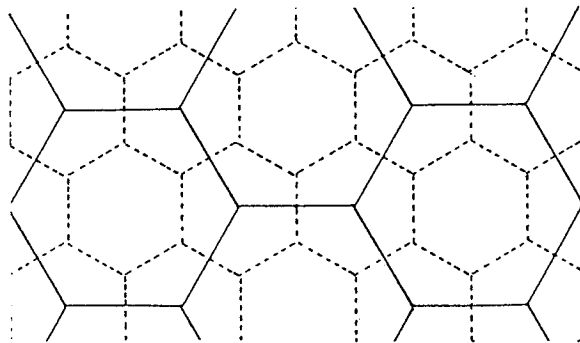
Figure 31

Trame hexagonale: définitions

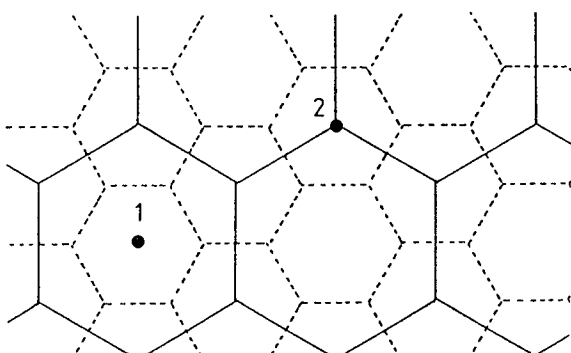
Une trame Nord-Sud 15 / Ouest-Est 8,7



Une trame Ouest-Est 15 / Nord-Sud 8,7



La situation de blocage



LEGENDE

Les chiffres renvoient à la longueur du *rayon* de l'hexagone de chaque grille constitutive de la trame.

Par définition, le changement de sens des hexagones entre les deux grilles successives indique que l'emboîtement des grilles respecte la logique d'approvisionnement.

La *direction* indiquée est celle vers laquelle "pointent" les hexagones.

Visuellement, les hexagones de la grille 15 forment ici des *lignes continues d'hexagones*.

Les hexagones formant une ligne continue dans la grille 15 sont, dans la grille 8,7, des hexagones "distincts", séparés les uns des autres par une arête d'hexagone 8,7.

Là, les hexagones de la grille 15 forment des *lignes fragmentées d'hexagones*.

Les hexagones formant une ligne fragmentée dans la grille 15 sont, dans la grille 8,7, des hexagones écartés les uns des autres par un bloc de deux hexagones 8,7 contigus.

LEGENDE

Le centre 1 est centre d'un hexagone 8,7 et centre d'un hexagone 15.

Le centre 2 est centre d'un hexagone 8,7. Par construction, il ne peut pas être centre d'un hexagone 15.

Le centre 2 est donc un *centre bloqué*, dans un *hexagone final* Ouest-Est 8,7.

Approfondissons l'examen.

On connaît déjà quelques caractéristiques de la trame Nord-Sud 52 / Ouest-Est 30 : Clermont-Ferrand, Brest, Strasbourg, Rouen, Toulouse sont positionnées dans un hexagone Nord-Sud 52 / Ouest-Est 30; Brest et Strasbourg se trouvent sur la même ligne continue d'hexagones Nord-Sud 52; Aix et Marseille sont bloquées dans le même hexagone final Ouest-Est 30.

Quelle est la position des 43 places centrales sélectionnées ?

Les deux premières colonnes du tableau synoptique ⁵ évitent un long descriptif.

| | hexa Nord / Sud de la grille 52 | hexa Ouest / Est de la grille 30 | hexa Ouest / Est de la grille 52 |
|-------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <i>Paris</i> | <i>oui</i> | <i>non</i> | non |
| Reims | non | oui | non |
| Amiens | non | oui | non |
| Le Havre | non | non | non |
| Rouen | oui | oui | oui |
| Tours | non | oui | non |
| Orléans | non | non | non |
| Bourges | non | oui | non |
| <i>Caen</i> | <i>oui</i> | <i>non</i> | oui |
| <i>Dijon</i> | <i>oui</i> | <i>non</i> | non |
| Lille | non | oui | non |
| Calais | non | non | oui |
| Dunkerque | non | oui | non |
| Metz | non | non | oui |
| Nancy | non | non | non |
| <i>Strasbourg</i> | <i>oui</i> | <i>non</i> | oui |
| Mulhouse | non | oui | non |
| Besançon | non | non | non |
| <i>Nantes</i> | <i>oui</i> | <i>non</i> | oui |
| Le Mans | non | non | oui |
| <i>Angers</i> | <i>oui</i> | <i>non</i> | non |
| Rennes | non | oui | oui |
| Brest | oui | oui | oui |
| <i>Poitiers</i> | <i>oui</i> | <i>non</i> | oui |
| La Rochelle | non | non | oui |
| <i>Bordeaux</i> | <i>oui</i> | <i>non</i> | non |
| Pau | non | oui | non |
| Toulouse | oui | oui | non |
| <i>Limoges</i> | <i>oui</i> | <i>non</i> | non |
| Lyon | oui | oui | non |
| Saint-Etienne | non | non | oui |
| Grenoble | non | oui | non |
| Clermont-Ferrand | oui | oui | oui |
| Montpellier | non | non | non |
| Nîmes | non | non | oui |
| <i>Perpignan</i> | <i>oui</i> | <i>non</i> | oui |
| Béziers | non | non | oui |
| Marseille | non | oui | oui |
| Nice | non | non | oui |
| Toulon | non | non | non |
| Aix | non | oui | oui |
| <i>Avignon</i> | <i>oui</i> | <i>non</i> | oui |
| Cannes | non | non | non |

Idéalement, il faudrait que le maximum de places centrales soit centre de la grille Nord-Sud 52 et centre de la grille Ouest-Est 30.

Or, *cinq places centrales en tout* répondent à ce double critère (en caractères gras dans le tableau ci-dessus).

Quant à l'occurrence de places centrales centres de la grille Nord-Sud 52 mais pas de la grille Ouest-Est 30, elle constitue un paradoxe tout à fait inattendu ! (en caractères italiques dans le tableau ci-dessus)

⁵ Je rappelle qu'une place centrale est considérée comme centre d'un hexagone si elle est située à l'intérieur de l'hexagone de taille immédiatement inférieure entièrement inscrit dans l'hexagone de la grille de référence.

Ceci signifie au moins trois choses:

1) De façon rigoureuse il faudrait vérifier la compatibilité des centres de grilles jusqu'au niveau élémentaire pour être vraiment sûr des résultats, car rien n'interdit de penser que les centres de la grille 30, centres dans la grille 17, le sont encore dans la grille 10. La cascade d'erreurs non contrôlables qui peut s'ensuivre lors du non-respect de cette procédure incite à mieux préciser la stratégie de recherche.

2) On peut admettre que la validité de la trame hexagonale en France a un plancher : la grille 30. Il ne serait alors pas indispensable de recourir à la grille 17 pour vérifier si la place centrale est bien située dans un hexagone Nord / Sud 17 entièrement inscrit dans un hexagone Ouest-Est 30. Il faut par conséquent renoncer à l'hypothèse d'une trame unique avec un éloignement moyen des centres de 14 kilomètres. Si l'on réussit à ajuster une trame à orientation variable, ce sera une trame caractérisée au niveau élémentaire par une distance inter-centres de 73 kilomètres (lesquels sont mis en évidence par la grille 30 et avec une distance inter-lieux élémentaires de 42 kilomètres: voir tableau Sous-Partie 2.2.2.).

3) En brisant à un certain niveau la logique d'emboîtement des hexagones, on se délie du support théorique cristallin. C'est vrai, mais je tiens à souligner que l'ensemble de la recherche est de toutes façons mené *en marge* de la théorie de la centralité, sur la structuration du territoire par les cellules d'un maillage optimal hexagonal.

Avec la grille 30 comme plancher de la trame hexagonale, 17 des 43 places centrales sont des centres de la trame Nord-Sud 52 / Ouest-Est 30.

Au total, l'espace français est recouvert de 9 lignes continues d'hexagones ⁶ Nord-Sud 52 dont les centres ⁷ sont:

| | Nb d'hexa N-S 52 | Centres d'hexagone Nord- Sud 52 |
|---|------------------|---|
| 1 | 1 | xxx |
| 2 | 4 | Caen, Rouen, xxx, xxx |
| 3 | 8 | Brest, (Saint-Brieuc), xxx, xxx, Paris, (Troyes), xxx, Strasbourg |
| 4 | 6 | Nantes, Angers, xxx, xxx, Dijon, xxx |
| 5 | 5 | xxx, Poitiers, xxx, xxx, xxx |
| 6 | 5 | (Angoulême), Limoges, Clermont-Ferrand, Lyon, (Annecy - Chambéry) |
| 7 | 5 | Bordeaux, xxx, xxx, xxx, xxx |
| 8 | 6 | xxx, xxx, Toulouse, xxx, Nîmes-Avignon, xxx, |
| 9 | 1 | Perpignan |

Il est clair que la trame ne convient pas du tout dans le quadrant nord-oriental du territoire. Les résultats sont en revanche assez satisfaisants dans le quadrant sud-occidental du pays.

⁶ Le comptage porte sur les hexagones dont le centre géométrique est localisé sur la France.

⁷ Les noms entre parenthèses sont ceux des agglomérations de plus de 80.000 habitants dont la commune-mère compte entre 45.000 et 70.000 résidents (chiffres pour 1982). Les xxx indiquent une co-existence de centres plus petits.

Ces résultats sont-ils susceptibles d'amélioration en repartant de la trame Ouest-Est 52 / Nord-Sud 30 ?

En effet, la trame qui ressortait des précédents travaux sur la Normandie était bien une trame utilisant une grille Nord-Sud 30 (voir Figure 22, graphique 4 et Figure 23, graphique "Calvados").

Et les premiers constats attestent que l'on peut affecter simultanément un hexagone Ouest-Est 52 / Nord-Sud 30 à Clermont-Ferrand, Brest, Strasbourg, Rouen, Aix. Brest et Strasbourg se trouvent alors sur la même ligne fragmentée d'hexagones Ouest-Est 52, et Toulouse est un centre bloqué, centre d'un hexagone final Nord-Sud 30.

La troisième colonne du tableau synoptique (voir plus haut) donne le nombre de places centrales centres d'un hexagone Ouest-Est 52: 20, sur 43 places centrales. Quantitativement, c'est légèrement mieux que dans le cas précédent. Voyons l'aspect qualitatif.

Le territoire national est là recouvert de lignes fragmentées d'hexagones Ouest-Est 52 ayant pour centres ^a :

| | Nb d'hexa W-E 52 | Centres d'hexagone Ouest- Est 52 |
|----|------------------|--|
| 1 | 1 | Calais |
| 2 | 1 | xxx |
| 3 | 3 | xxx, Rouen, xxx |
| 4 | 3 | Caen, xxx, Metz |
| 5 | 5 | Brest, Rennes, xxx, (Troyes), Strasbourg |
| 6 | 4 | xxx, Le Mans, xxx, xxx |
| 7 | 3 | Nantes, xxx, xxx |
| 8 | 3 | Poitiers, xxx, xxx |
| 9 | 3 | La Rochelle, xxx, (Roanne) |
| 10 | 3 | (Angoulême), Clermont-Ferrand, Chambéry |
| 11 | 3 | xxx, xxx, Saint-Etienne |
| 12 | 3 | xxx, xxx,xxx |
| 13 | 4 | xxx, xxx, Nîmes-Avignon,Nice |
| 14 | 3 | xxx, Béziers, Aix-Marseille |
| 15 | 1 | xxx |
| 16 | 1 | Perpignan |

Résultats pour le moins surprenants: Paris a purement et simplement été gommé des centres majeurs !

Outre son caractère absurde, cette situation apporte une information capitale: il est impossible qu'une seule trame 52/30 soit valable de l'Ouest à l'Est de la France puisque Brest et Strasbourg ne peuvent absolument pas être intégrés dans la même grille 52.

Parallèlement, la trame ne s'adapte plus du tout au Sud-Ouest; elle convient bien aux régions méditerranéennes. Le quadrant Nord-Ouest semble conforme aux deux orientations.

Dès lors, il convient de passer à l'étape suivante; rechercher le meilleur agencement avec le nombre minimal de trames identiques (c'est à dire composées de la même séquence de grilles) ayant des orientations variées.

^a Voir les notes 6 et 7 en page précédente.

2.3.1. Des trames identiques différemment orientées

Nous connaissons les secteurs les plus "sensibles" à l'orientation de la trame: la trame Nord-Sud 52 / Ouest-Est 30 est inadaptée au quadrant nord-oriental; la trame Ouest-Est 52 / Nord-Sud 30 est inadaptée au quadrant sud-occidental.

Ce sont donc ces secteurs Nord-Est et Sud-Ouest qui vont nous servir pour procéder à l'ajustement graphique.

1) Ajustement graphique de la trame 52 / 30 dans le Sud-Ouest

Un décalage vers le Nord-Ouest permet de faire "rentrer" dans la trame Nord-Sud 52 / Ouest-Est 30 Bourges et Grenoble.

Simultanément, les places centrales du quadrant nord-oriental: Amiens, Reims, Nancy, Metz, Strasbourg, Mulhouse, Besançon, Dijon se trouvent évincées. Le Mans, Orléans, Tours, Nantes, sortent aussi du schéma, ainsi que Perpignan. La position des places centrales du littoral méditerranéen n'a d'ailleurs pas beaucoup varié: la grille 52 ne rend absolument pas compte de la réalité de la trame urbaine.

Pourtant, suite à une multitude d'essais, je crois qu'il s'agit du calage le plus satisfaisant auquel on peut aboutir manuellement (Figure 32).

Sur cette carte ¹ *La trame France Sud-Ouest*, nombre de places centrales considérées comme correctement positionnées sont en fait sur les limites d'un hexagone 30 entièrement inclus dans un hexagone 52. Il semble qu'en utilisant une trame très légèrement plus grande on devrait avoir une meilleure image et que la trame s'ajusterait à l'espace nord-occidental. La proximité de Caen, Rennes, Nantes de leur emplacement théorique incite à solliciter un peu la carte...

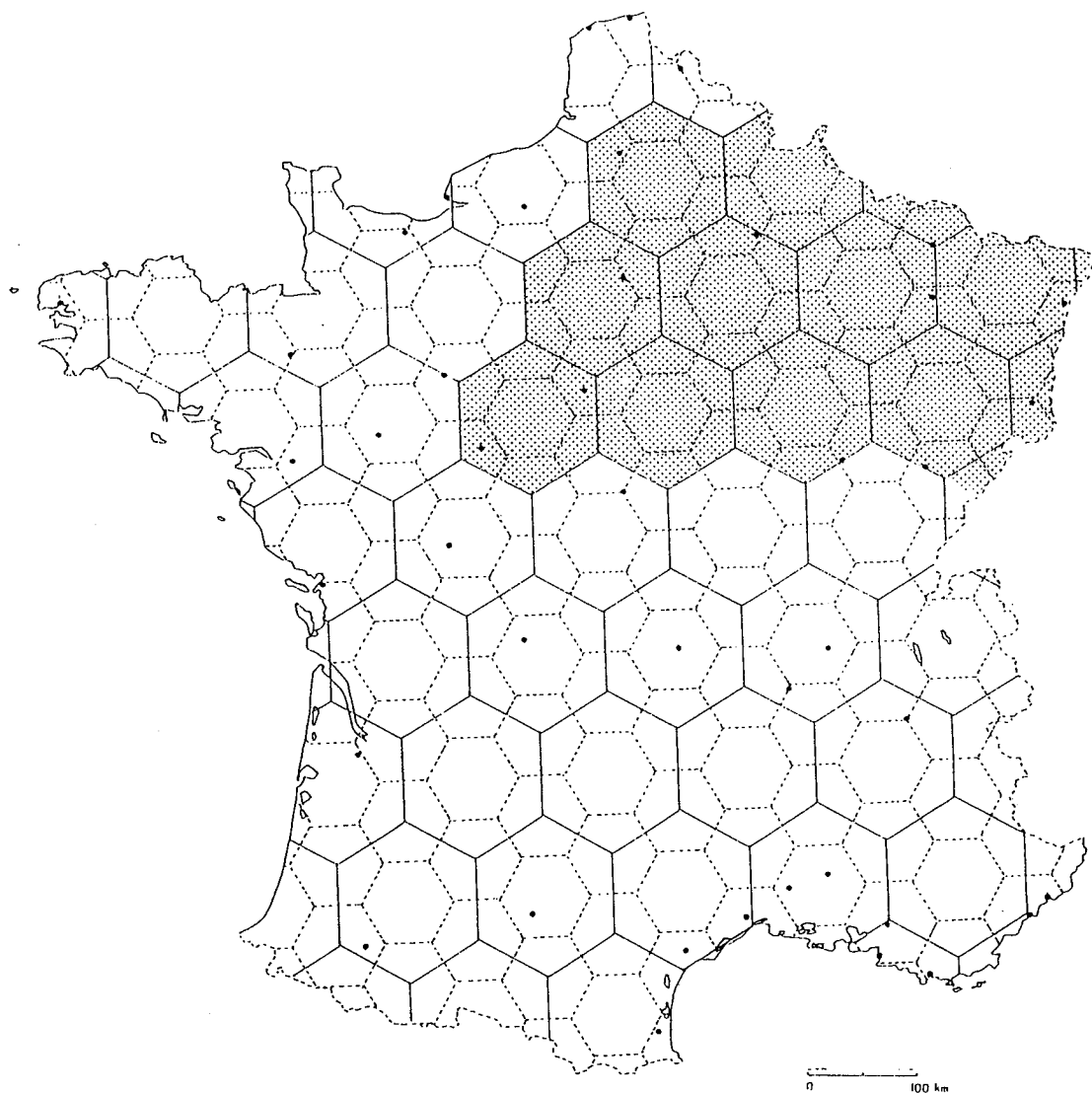
Et en ce qui concerne l'écart entre la trame théorique et la disposition des places centrales méditerranéennes, je suggère d'envisager que seule la grille 30 est pertinente dans ce secteur.

Bien sûr, il est tentant d'interrompre la grille 52 adaptée du Sud-Ouest à Lyon et de superposer à la grille 30 quatre hexagones 52 centrés sur les places centrales les plus prégnantes: Perpignan, Montpellier, Aix-Marseille, Nice. L'introduction d'une telle discordance se justifierait à l'échelle régionale mais à l'échelle nationale ce qu'il faut retenir c'est précisément le fait que *les places centrales se sont développées indépendamment de la logique spatiale schématisée par la trame.*

¹ Les cartes présentées ici ont été publiées dans *Mappemonde* (Adam S. et Guermont Y. 1989) avec des titres et des légendes différents, à une date où la recherche balbutiait. La grille considérée comme base était alors celle prévoyant un espacement des centres élémentaires de 14 km et les notions de niveau des hexagones et de degré des centres associés restaient encore trop confuses. La grille 30 correspondait donc à la grille de niveau 3 et mettait en évidence les centres de degré 4 (centres des hexagones de niveau 3). Pareillement, la grille 52 correspondait à la grille de niveau 4 et mettait en évidence les centres de degré 5 (centres des hexagones de niveau 4).

Figure 32

La trame France Sud-Ouest



 trame mal orientée

LEGENDE

- Traits pointillés grille de niveau 1 (grille plancher; espacement des centres élémentaires: 42 km)
 espacement des centres d'hexagones (centres de degré 2): 73 km
- Traits continus grille de niveau 2
 espacement des centres d'hexagones (centres de degré 3): 126 km

Carte précédemment publiée sous le titre: " La trame "française" ". Dans: Adam, Sylvie et Guermond, Yves; 1989: "Des hexagones dans l'Hexagone". *Mappemonde* 4: 10. Protégé par © (Toute reproduction autre qu'à usage privé du copiste est interdite).

2) Ajustement graphique de la trame 52 / 30 dans le Nord-Est

L'aire en grisé sur la Figure 32 est celle où le sens de la trame doit être inversé. Le calage de la trame Ouest-Est 52 / Nord-Sud 30 figuré sur la carte *La trame France Bassin parisien - Alsace* (Figure 33) est surtout bien adaptée à l'ensemble aire francilienne et espaces circum-voisins, ensemble qu'elle rattache à Strasbourg. La disposition de Paris et de ses places centrales, de première proximité: Rouen, Amiens, Reims, Orléans et de deuxième proximité: Caen, Dijon, Tours, s'harmonise avec les localisations théoriques de la trame.

Mais si l'on excepte Strasbourg, les autres places centrales du quadrant nord-oriental s'intègrent mal dans le schéma hexagonal. C'est particulièrement frappant pour les villes lorraines: Nancy et Metz, ou Besançon.

Le contact entre les deux trames est techniquement délicat à tracer puisqu'on ne dispose pas de repère pour l'appréhender. Il est vraisemblable cependant que le passage d'une trame à l'autre n'est pas tranché: aussi la "limite" est-elle une aire mal structurée, une Marche eût-on dit jadis.

Côté Ouest, quelques remarques supplémentaires sont à ajouter. J'ai effectué de nombreux tests dont il ressort:

1) on peut avoir simultanément dans une trame Ouest-Est 52 / Nord-Sud 30 l'ensemble Caen, Rennes et Nantes rattaché au Bassin Parisien. Ceci au prix de l'éviction de Strasbourg. Là encore on est tenté de se référer à l'échelle régionale pour mieux coller à la réalité.

2) par retouches successives, *on arrive toujours à un calage "meilleur" en fonction des places centrales que l'on désire insérer dans la trame.*

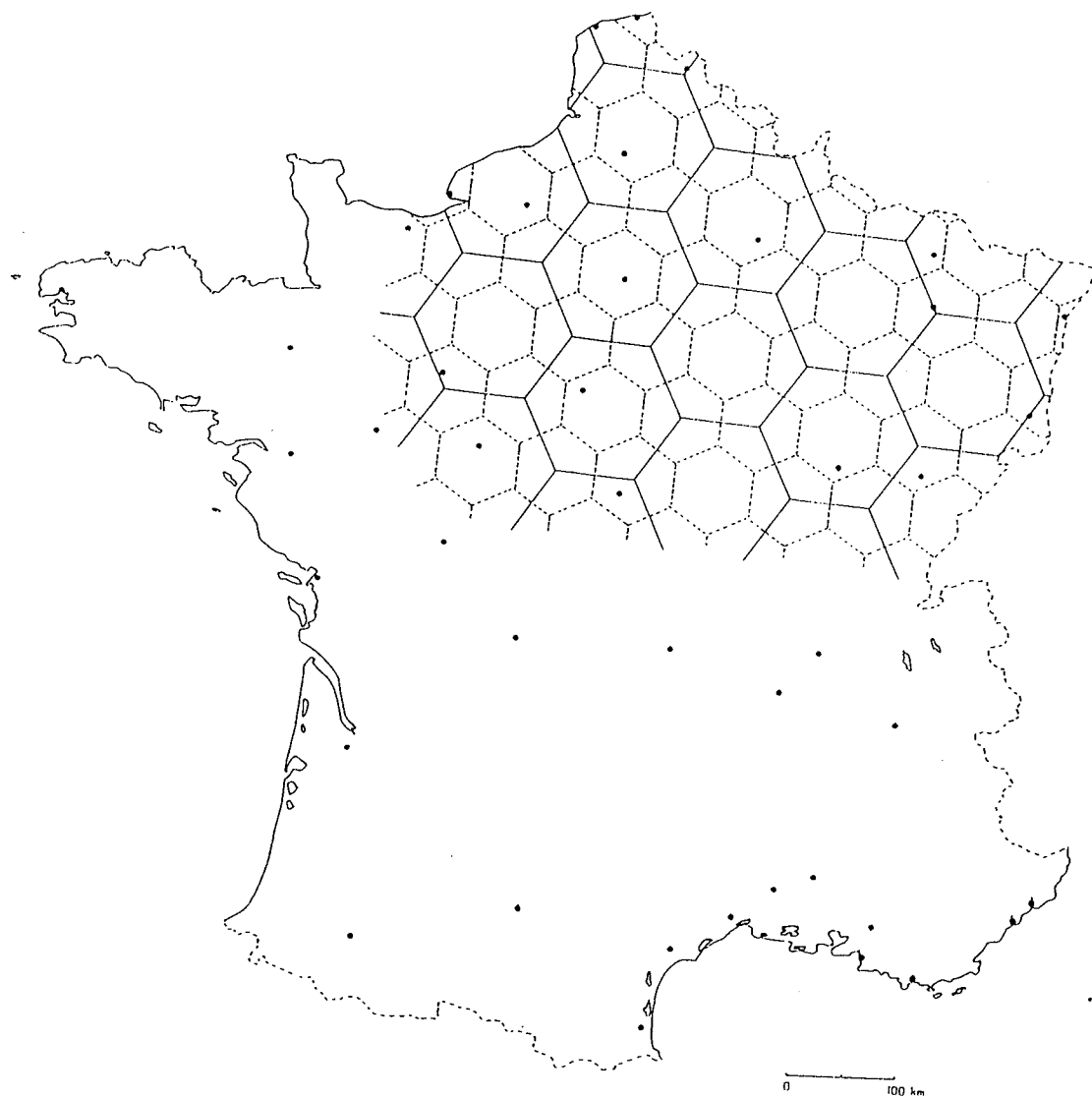
Les inadéquations trame hexagonale / trame urbaine reflètent en particulier l'indigence des centres installés aux emplacements théoriquement les plus porteurs (des raisons multiples et variées seraient à évoquer). Les centres dont la croissance aurait du être entravée (par exemple: Marseille ou Montpellier) ont ainsi eu l'opportunité de se substituer aux centres les "mieux placés" dans le schéma hexagonal.

Le processus dépend aussi des axes prioritaires du développement économique. Tours, notamment, mal placée dans la trame France Sud-Ouest a pris un avantage dans la trame France Bassin parisien - Alsace.

La trame hexagonale met donc en évidence les virtualités d'évolution des places centrales eu égard à leur disposition dans le schéma théorique, à condition toutefois que celui-ci soit orienté conformément aux axes d'échange dominants et préalablement calé sur une métropole donnée.

Figure 33

La trame France Bassin parisien -Alsace



LEGENDE

Traits pointillés grille de niveau 1 (grille plancher; espacement des centres élémentaires: 42 km)
espacement des centres d'hexagones (centres de degré 2): 73 km

Traits continus grille de niveau 2
espacement des centres d'hexagones (centres de degré 3): 126 km

Carte précédemment publiée sous le titre: " La trame "rhénane" ". Dans: Adam, Sylvie et Guermond, Yves; 1989: "Des hexagones dans l'Hexagone". *Mappemonde* 4: 10. Protégé par © (Toute reproduction autre qu'à usage privé du copiste est interdite).

2.3.2. Une hiérarchie composite

Il est temps de s'intéresser à la hiérarchie résultant de la juxtaposition des trames France Sud-Ouest et France Bassin parisien Alsace ¹.

Prenons d'abord *Les places centrales et villes de degré 3* - c'est à dire celles mises en évidence par la grille 52, grille de niveau 2 - (Figure 34).

On peut attribuer un nom à la quasi-totalité des hexagones.

La hiérarchie est pertinente dans le Sud-Ouest et dans le Bassin parisien qui ont servi d'aires de calage.

Elle est plus litigieuse dans l'Ouest, où les hexagones de Saint-Brieuc et de Lorient sont visiblement décalés par rapport aux espaces effectivement dominés par ces villes. Il n'en reste pas moins que le croquis met en relief une réalité: la médiocre insertion des places centrales et villes armoricaines dans la trame française calée sur le Sud-Ouest.

L'inadéquation de la grille de niveau 2 sur le pourtour méditerranéen a déjà été mentionnée (voir Sous-Partie 2.3.1.).

Les espaces frontaliers du Nord oriental souffrent aussi d'une mauvaise intégration, le doublet Nancy - Metz en particulier. Lille s'intégrerait dans un hexagone franco-belge de niveau 2 "Brussel" dont elle serait l'un des sommets, au même titre que Gent.

Au contact des deux trames, on note la situation difficile des places centrales tiraillées entre des influences divergentes (Centre-Ouest). L'hexagone "Alençon Chartres Le Mans" l'illustre parfaitement, dans un secteur où ces influences sont suffisamment diluées pour co-exister. L'hexagone "Moulins" souligne la faiblesse des centres dans l'espace de transit entre Paris et Lyon où les anciens centres d'action s'estompent et ne sont pas remplacés.

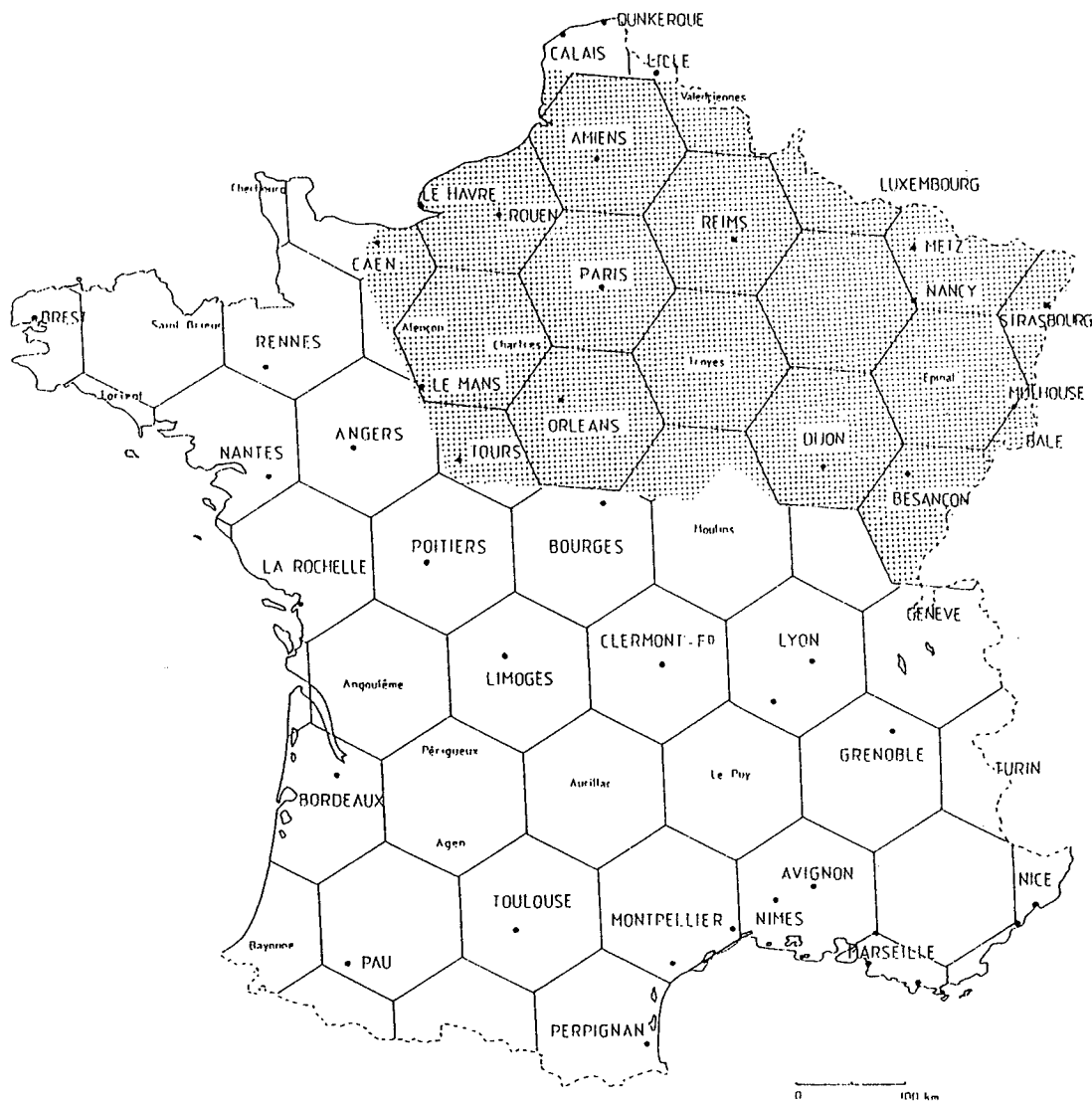
Curieusement, Troyes, laquelle bénéficie pourtant d'un bon emplacement théorique dans la trame d'ouverture à l'Allemagne rhénane (Land du Baden Württemberg notamment), n'a pas encore réussi à s'imposer comme place centrale.

Des hexagones des grilles des niveaux 3 et 4 (Figure 35) se superposent à la trame 52 de façon discontinue.

Dans le Sud-Ouest, le degré 4 de la hiérarchie des centres reflète fidèlement l'organisation spatiale.

¹ Ces cartes ont été publiées dans *Mappemonde* (Adam S. et Guermond Y. 1989) avec des titres et légendes différents. Voir la note 1 de la Sous-Partie précédente 2.3.1.: les mêmes remarques s'appliquent ici.

Figure 34 Les places centrales et villes de degré 3



LEGENDE

Aire en blanc Trame France Sud-Ouest
 Aire en gris Trame France Bassin parisien - Alsace

En lettres capitales places centrales (agglomérations de plus de 80.000 résidents dont la commune-mère compte au moins 70.000 résidents)
 En lettres minuscules autres villes

Espacement des centres d'hexagones (hexagones de niveau 2 - centres de degré 3): 126 km

Carte précédemment publiée sous le titre: " Lieux centraux de niveau 5". Dans: Adam, Sylvie et Guermond, Yves; 1989: "Des hexagones dans l'Hexagone". *Mappemonde* 4: 11. Protégé par © (Toute reproduction autre qu'à usage privé du copiste est interdite).

On peut également tracer des hexagones de niveau 3 autour de Lyon, Marseille, Nantes. Mais ces hexagones sont discordants. Il serait impossible de les relier entre eux ou avec le bloc Bordeaux - Toulouse de façon à constituer le niveau supérieur de la trame hexagonale formée par la juxtaposition des deux grilles précédentes.

Dans le Bassin parisien, où Paris s'élève au degré 5 de la hiérarchie des centres, on retrouve un phénomène identifié précédemment: mal située dans la trame de niveau 2, Nancy apparaît comme place centrale "excentrée" de degré 4, assurant le relais entre les hexagones de niveau 3 Paris et Strasbourg. Là encore on annihile la logique spatiale que devrait figurer le schéma hexagonal en accordant une pertinence à la situation mise en relief par deux grilles imbriquées de niveau hiérarchique élevé, sans se préoccuper des niveaux inférieurs.

Par ailleurs, que Dijon apparaisse comme un centre bloqué dans la grille de niveau 3, au profit théorique de Besançon est assez surprenant.

Que doit-on retenir de ces premiers essais ?

1) Le schéma hiérarchique préconisé par Walter Christaller ne peut être utilisé qu'à condition d'établir la trame à partir des centres élémentaires (ou considérés comme tels) et de vérifier séquentiellement la véracité des déductions qu'il amène à formuler.

2) Pour un espacement moyen donné des centres auquel coïncide une grille, il existe de nombreuses orientations possibles de cette grille.

3) Un calage optimal de trame à partir d'une place centrale et avec une hypothèse sur l'axe prioritaire des courants d'échange est toujours réalisable. Ceci met en évidence les virtualités de développement des autres places dans ce cas de figure précis.

On le voit, les résultats sont extrêmement dépendants des choix subjectifs initiaux de celui qui pratique les tests.

Le schéma hexagonal n'est donc pas une grille de lecture des semis urbains mais un *outil de prospective de l'évolution de la trame urbaine en fonction d'un certain plan directeur (places centrales motrices, axes privilégiés des échanges)*.

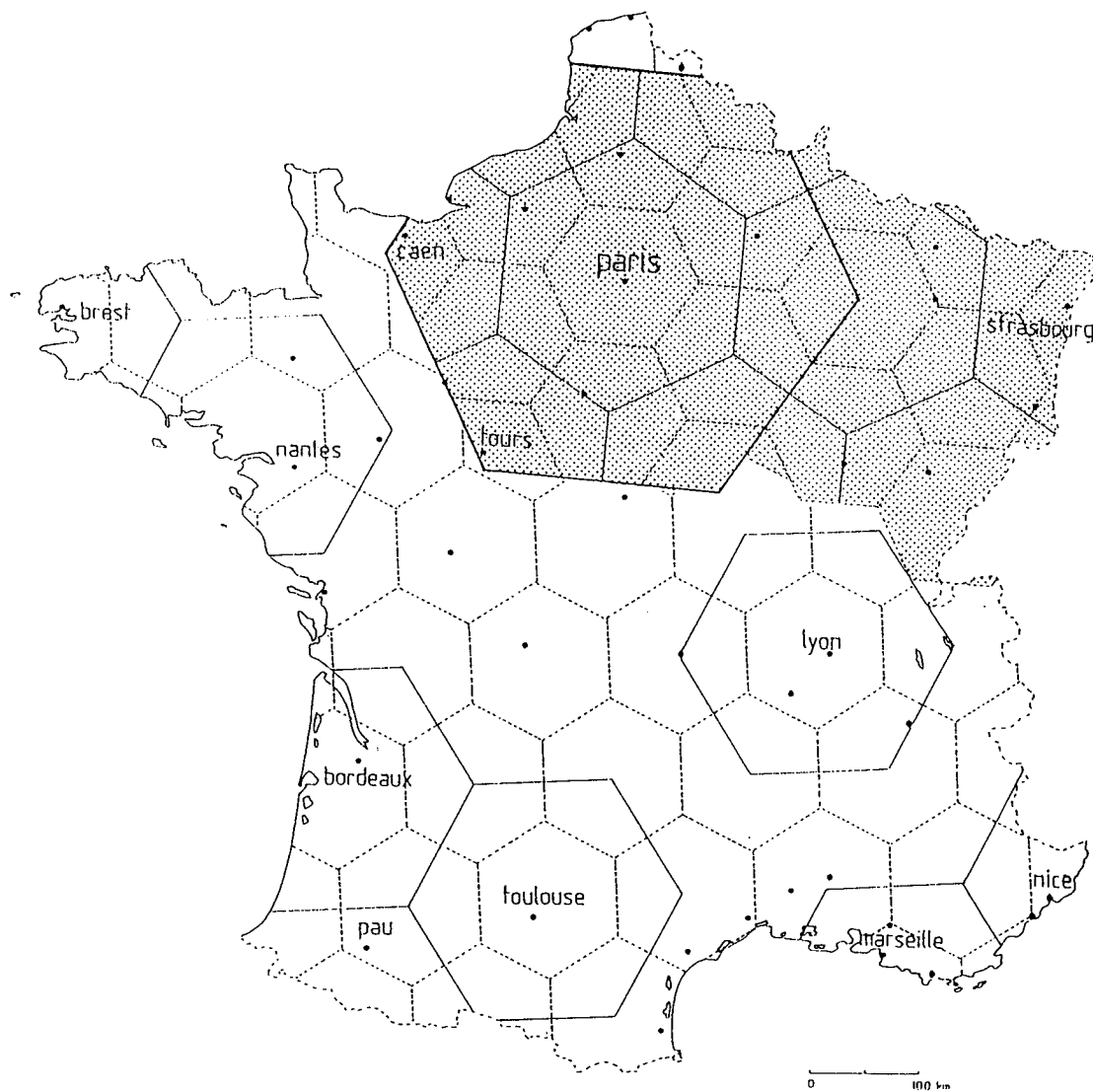
L'utilité du schéma hexagonal n'en est pas moindre: elle est autre et oblige à en réviser le mode d'emploi. Ce sont des collections de cartes qui doivent être présentées avec, pour chaque carte, la mention des options du plan directeur qu'elle représente.

Les techniques de manipulation manuelle des grilles hexagonales sur le fond de carte sont insuffisantes à cet effet, trop lourdes et trop onéreuses en temps.

Pour produire rapidement des documents de réflexion et d'aide à la décision il faut recourir aux logiciels de conception assistée par ordinateur: nous entrons dans la seconde phase de cette recherche appliquée.

Figure 35

Les places centrales et villes de degré 4 et 5



LEGENDE

Aire en blanc

Trame France Sud-Ouest

Aire en grisé

Trame France Bassin parisien - Alsace

Traits forts

hexagone de niveau 4, centre de cet hexagone : centre de degré 5 = Paris

Traits continus

hexagones de niveau 3, centres de ces hexagones : centres de degré 4

Traits pointillés

grille de niveau 2, espacement des centres d'hexagones (centres de degré 3): 126 km

Carte précédemment publiée sous le titre: " Lieux centraux de niveau 6 et 7". Dans: Adam, Sylvie et Guermond, Yves; 1989: "Des hexagones dans l'Hexagone". *Mappemonde* 4: 11. Protégé par © (Toute reproduction autre qu'à usage privé du copiste est interdite).

2.4. AFFINER LES RESULTATS

" Nous avons à peu près appris à formuler et à tester des hypothèses, à découvrir certaines lois ou à mettre en évidence quelques normes de probabilités, et ce en dépit du fait que nos outils se soient révélés parfois fort inadéquats, voire dangereux, nous conduisant souvent à des généralisations prématurées ou de caractère inconsciemment idéologique"

Jean-Bernard Racine, 1980.

Quel logiciel, pour quels résultats ? De façon abrupte, c'est l'objet de cette seconde partie de la recherche appliquée.

Quel logiciel ? Le choix n'est pas tout à fait fortuit. D'une part, puisqu'il s'agit de produire des minutes pour la réflexion, il faut un logiciel parfaitement fiable, susceptible d'être utilisé par des néophytes: la technologie *Macintosh* (® Apple Computer, Inc.) offre le maximum de garanties ¹. D'autre part, le logiciel *Adobe Illustrator* (® Adobe Systems, Inc.), disponible à l'Institut de Géographie de Rouen, permet d'obtenir des documents de très bonne qualité graphique et de présentation irréprochable grâce à la sortie sur imprimante Laser. (Sous-Partie 2.4.1.)

Quels résultats ? Dans un premier temps, il faut reproduire les résultats obtenus par procédures manuelles, détaillés précédemment. Ensuite, il faudra se préoccuper des critères d'ajustement du maillage et du calage. (Sous-Partie 2.4.2.)

¹ Je sais que certains ne sont pas d'accord avec ces affirmations. Cependant, je ne souhaite pas entrer dans la controverse *IBM PC* et compatibles - *Macintosh*. Mon opinion est simplement fondée sur le vécu du géographe non-informaticien confronté à l'utilisation de ces machines. La convivialité du *Macintosh* est indiscutable, son emploi sécurisant (les erreurs de manipulation ne sont plus à redouter comme dans le cas des *IBM PC* et compatibles). Ayant pratiqué les deux types d'ordinateurs, je soutiens que le *Macintosh* ouvre véritablement la voie de l'informatique au service de la Géographie (et non du géographe asservi à l'informatique).

2.4.1.

Possibilités et limites du

logiciel *Adobe Illustrator* - ® Adobe Systems, Inc. -

*Adobe Illustrator*¹ est un logiciel d'art graphique aux performances multiples. Je n'évoque ici que les potentialités que j'ai testées.

Le point de départ reste le même: il faut un fond de carte sur lequel figurent les places centrales et une gamme de grilles hexagonales.

En ce qui concerne le fond de carte², la solution retenue est de constituer un fichier³ contenant les informations graphiques du fond IGN-RECLUS, lesquelles seront restituées sous forme de document utilisable par le logiciel. L'emploi des fichiers communaux oblige à modifier légèrement l'information de base. Le fond de carte à partir duquel on va travailler est non plus celui des places centrales mais celui de la localisation des communes comptant au moins 70.000 résidents en 1982 (Figure 36). Les différences avec la carte des places centrales (Figure 30) sont mineures: Paris apparaît comme un conglomérat de 14 points, le double point de l'agglomération lyonnaise correspond à l'adjonction de Villeurbanne à Lyon.

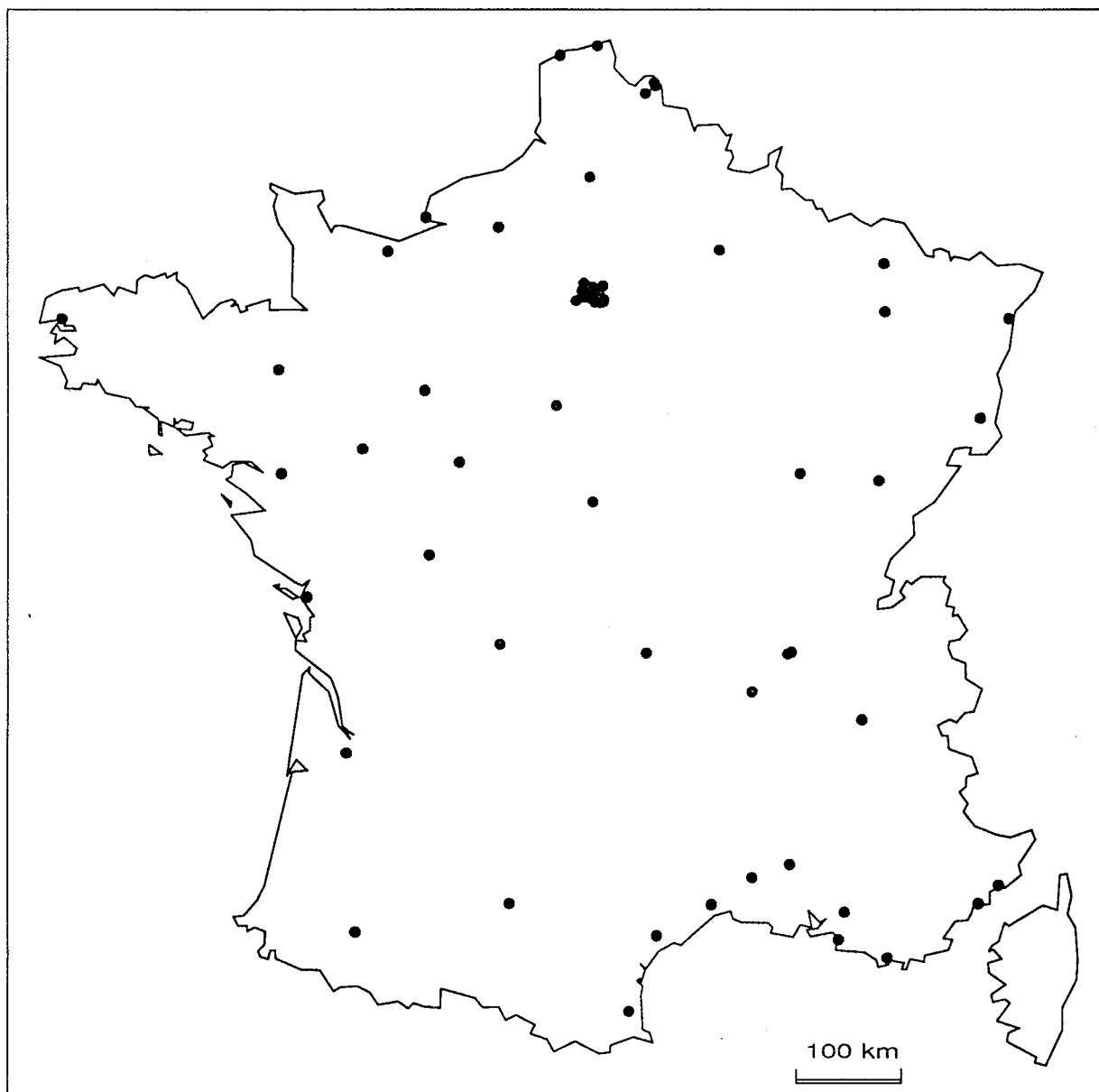
La constitution d'une grille hexagonale sous la version standard d'*Adobe Illustrator* est une succession d'itérations de la fonction "copier-coller", appliquée au premier hexagone. Celui-ci est obtenu à partir d'un segment de droite initial, dupliqué cinq fois avec une rotation de 60 degrés.

¹ Il n'est pas possible de gommer entièrement tout le vocabulaire spécifique à l'ordinateur dans cette Sous-Partie, bien que j'utilise au maximum des termes neutres. Donner la définition des quelques termes techniques n'est pas non plus évident. Par exemple, comment définir la *souris* du *Macintosh*? D'après le glossaire du *Macintosh - Guide de l'utilisateur* (© Apple Computer, Inc.), il s'agit du: "petit dispositif que l'utilisateur fait glisser sur la surface de sa table, près de l'ordinateur. Les mouvements de la souris sont reproduits par ceux du pointeur à l'écran". Et qu'est-ce qu'un *pointeur*? Toujours selon le *Macintosh - Guide de l'utilisateur* (© Apple Computer, Inc.), c'est un: "petit symbole sur l'écran qui se déplace en fonction des mouvements de la souris." Je prie le lecteur non familier du *Macintosh* de ne pas me tenir rigueur de ce manque de courtoisie mais je renonce à "expliciter" les quelques termes spécifiques qui émaillent le texte.

² Le problème du fond de carte aurait pu être résolu de diverses façons: 1) passer un fond de carte type "France administrative" au scanner pour en récupérer les informations graphiques sous une forme numérique exploitable par l'ordinateur (matériel non disponible à Rouen); 2) utiliser une table à digitaliser (reliée à l'IBM, disponible à l'Institut de Rouen) pour repérer les nœuds et arêtes du fond de carte, simultanément enregistrés sous forme d'un fichier graphique utilisable par le logiciel. J'ai essayé cette option sous *EdiCart*. Le résultat: les cercles représentatifs des places centrales, "noircis" sous *EdiCart*, apparaissaient comme des cercles au contour noir, remplis par une trame de traits serrés; il fallait leur substituer des cercles de contour et de fond noir sous *Adobe Illustrator*. 3) tracer directement un fond de carte à main levée sur écran avec la souris était également une solution possible.

³ Ce fichier PostScript a été réalisé sous *EdiCart*. Je tiens à remercier Preston Akiri pour sa précieuse collaboration: connaissant toutes les finesses et les subtilités d'emploi d'*EdiCart*, il a créé ce fichier quasiment impossible à obtenir pour les non-initiés.

Figure 36 Localisation des communes comptant au moins 70.000 résidents en 1982



LEGENDE

Fond IGN- RECLUS - Echelle: 100 km = 1.5205 cm

Les opérations de duplication du segment, de translation entre deux lignes successives d'hexagones et de calage des différents hexagones sont effectuées à l'aide de la souris ⁴. Quand la grille est constituée, l'outil "échelle" permet de disposer de toute la gamme souhaitée. On peut aussi choisir la qualité du trait (continu ou non), superposer plusieurs grilles.

La souplesse du logiciel est séduisante. Elle cache cependant un handicap majeur si l'on procède ainsi. Les fichiers "grille" et surtout "trame" sont très lourds à gérer car très onéreux en place mémoire: toute manipulation avec, de surcroît, le fond de carte est très longue. Le palliatif est de déplacer le fond de carte sur la grille (ou la trame). On améliore ainsi le temps d'exécution ou, plus souvent, on évite de dépasser la capacité mémoire-vive du *Macintosh*. Les documents finis (c'est à dire prêts pour l'impression, la grille ou la trame ne dépassant pas les contours du fond de carte) sont obtenus en appliquant l'option "masque" au fond de carte.

La véritable solution consiste à recourir aux "motifs" utilisés par le logiciel pour remplir une illustration. Le motif hexagonal est possible à créer. Mieux vaut toutefois se procurer les motifs optionnels du logiciel, destinés aux professionnels. La gamme pour les sols, fournie dans les options pour architectes, contient un motif "tommettes" parfaitement adapté à cet effet.

Ce motif est modulable: on peut en varier les composants (traits), la taille, l'aspect (superposition) puis l'employer avec la même facilité que le motif original. L'avantage essentiel est que l'on dispose alors d'une figure parfaitement régulière donc infiniment plus fiable que les grilles "de composition" sur l'écran du *Macintosh*, ou résultant de décalques comme vu précédemment (Sous- Parties 2.3., 2.3.1., 2.3.2.). Les exigences en place mémoire sont bien moindres et l'ensemble plus facile à manier puisque l'on fait appel aux fonctionnalités du logiciel.

Le motif "tommettes" d'*Adobe Illustrator* est une grille Nord-Sud dont l'*hexagone-origine* a un diamètre de 0.635 cm.

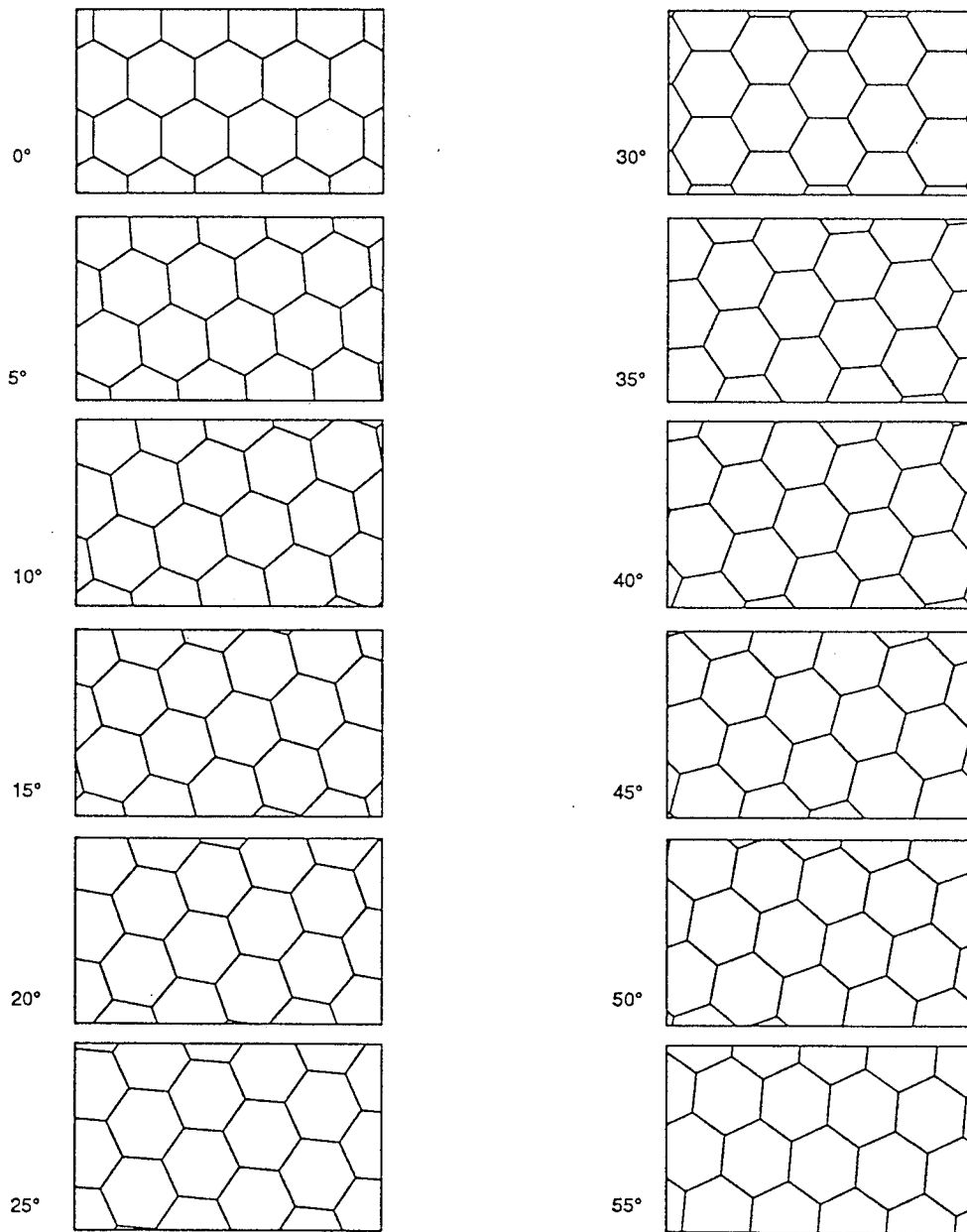
La dimension de la grille est modifiable à l'aide de l'option "modification d'échelle".

On peut orienter cette grille (outil "rotation"). La rotation s'effectue dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. On passe de la grille Nord-Sud - rotation = 0° - à la grille Ouest-Est - rotation = 30° - puis de nouveau à la grille Nord-Sud - rotation = 60° - (Figure 37). Ceci s'explique par le fait qu'une rotation de 60° équivaut à un recouvrement des triangles équilatéraux constitutifs de l'hexagone: on obtient donc une apparente stabilité de la grille.

Enfin, il est loisible de déplacer la grille dans le fond de carte (outil "déplacement").

⁴ Ceci exige une dextérité, une excellente vue et une bonne résistance nerveuse ! La constitution d'une grille régulière sans décalages est une opération malaisée.

Figure 37 Grille hexagonale: Rotation sous *Adobe Illustrator*®



LEGENDE

Variation Nord-Sud - Ouest-Est

Variation Ouest-Est - Nord-Sud

Réalisé sous *Adobe Illustrator* (® Adobe Systems)

2.4.2. Ajuster le maillage et le calage

Nous allons d'abord travailler avec une grille, en repartant des acquis de la première partie de la recherche appliquée. L'hypothèse de départ est un espacement de 73 kilomètres entre les places centrales majeures (Paris et Lyon seront chacune considérées comme une entité unique, en dépit de leur apparence graphique).

Reprenons notre premier résultat (France Sud-Ouest: Figure 32) et efforçons-nous de le reproduire.

On peut formaliser les deux principes de calage:

- P1 une arête d'hexagone entre ... et ...
- P2 deux hexagones entre ... et ...

Sur la Figure 32, on a :

P1 vérifié pour Clermont-Ferrand - Limoges, Clermont-Ferrand - Lyon, Clermont-Ferrand - Bourges, Limoges - Bourges et Limoges - Poitiers;

P2 vérifié pour Limoges - Bordeaux, Toulouse - Bordeaux, Toulouse - Limoges.

Le premier essai (Figure 38) montre que P1 est vérifié dans les cinq cas pré-cités et P2 seulement possible pour Bordeaux-Toulouse, en décalant la grille ¹ vers le Nord.

Le premier constat est donc que les résultats dont nous faisons état dans la première partie de la recherche appliquée ne sont pas reproductibles.

Plusieurs raisons sont à incriminer, notamment le changement de fond de carte (la similitude n'est pas totale, les systèmes de projection étant différents) et la très grande sensibilité de la grille à des variations infimes de taille.

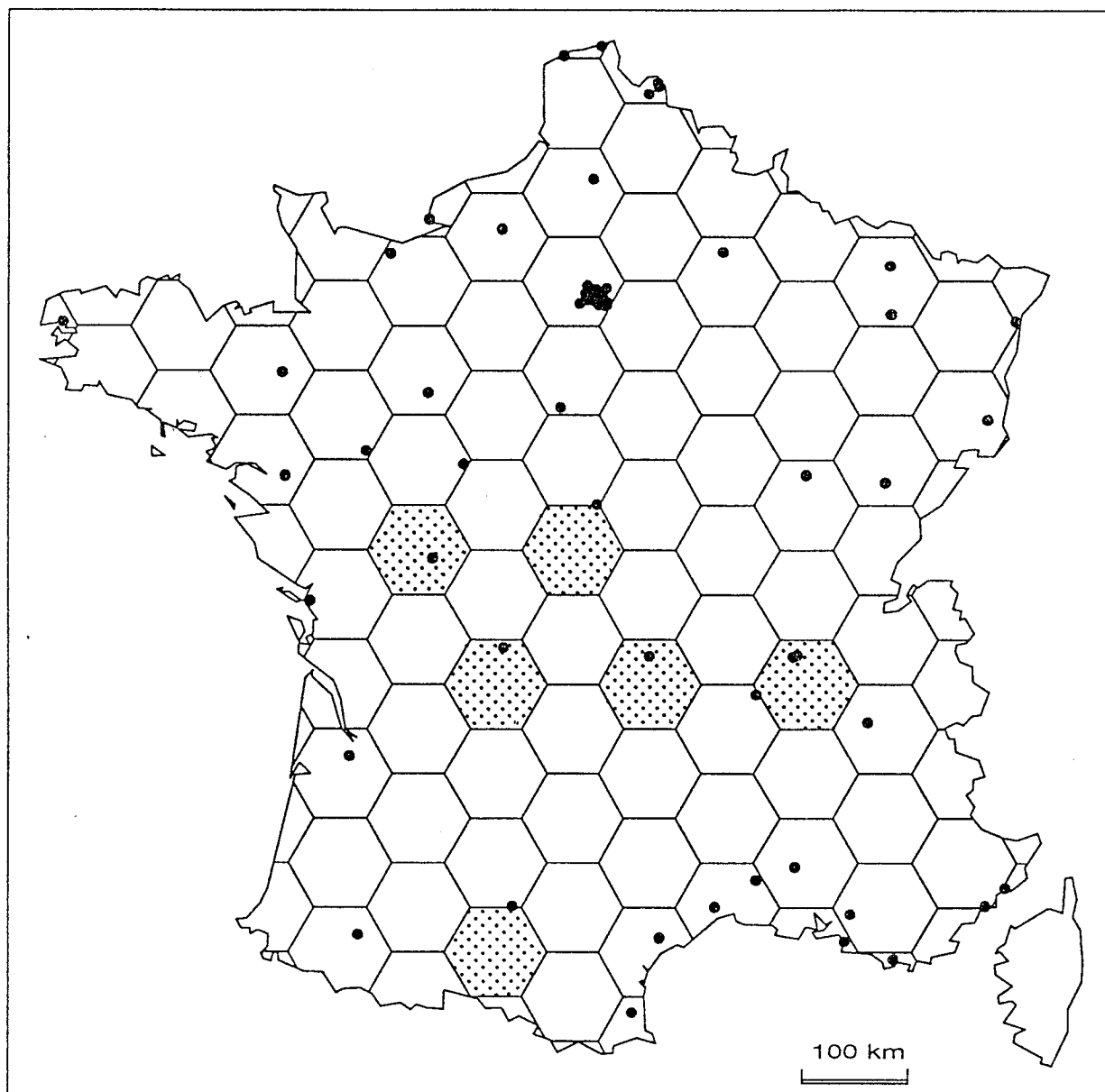
En tout cas, pour ériger le modèle hexagonal comme outil de prospective, il apparaît fondamental de passer par un logiciel assurant la parfaite reproductibilité des documents de travail. Non seulement les méthodes manuelles manquent d'efficacité, mais en plus - et quels que soient le soin et le souci de perfection avec lequel on réalise les cartes de travail - elles souffrent de non-fiabilité !

¹ Les cartes présentées sont des minutes de recherche fournies à titre d'illustration. Il ne s'agit absolument pas de documents finaux. Aussi, les décalages de grille visibles et faciles à simuler visuellement n'ont pas été effectués. Par exemple, pour ce premier essai, le commentaire tient compte du nécessaire décalage de la grille vers le haut.

Ces documents de travail sont surchargés d'une trame différenciant les hexagones pour faciliter la lecture mais les cartes originales, telles qu'elles apparaissent sur l'écran du *Macintosh* ou à la sortie de l'imprimante Laser, ont un fond immaculé.

Figure 38

Grille France Sud-Ouest: 73 km



LEGENDE

CARTE

Fond IGN- RECLUS - Echelle: 100 km = 1.5205 cm

CENTRES

Communes d'au moins 70.000 résidents en 1982

GRILLE

Diamètre de l'hexagone-origine: 0,635 cm

Rotation: 90°

Espacement des centres d'hexagones: 73 km

Réalisé sous *Adobe Illustrator* (® Adobe Systems)

Continuons l'expérience, en réduisant l'espacement moyen des centres d'hexagones. En effet, pour obtenir le calage de la Figure 32, il faudrait avoir deux hexagones d'écart entre Limoges et Bordeaux (et non un comme sur la Figure 38) et simultanément deux hexagones d'écart entre Bordeaux et Toulouse, les deux villes devant se trouver sur une même ligne d'hexagones (non vrai sur la Figure 38, après décalage pour vérifier P2 entre Limoges et Toulouse).

Les essais successifs de 72,5 km (Figure 39), 72 km (Figure 40), 71,5 km (Figure 41), attestent que la grille est encore trop lâche. Il faut descendre jusqu'à 71 km pour que P2 soit enfin vérifié entre Limoges et Bordeaux, et entre Bordeaux et Toulouse, sans attendre au reste du calage.

On peut alors procéder à la finition de la carte: Figure 42 *Système Lyon - Bordeaux - Toulouse après ajustement*.

Qu'advient-il dorénavant du résultat France Bassin parisien - Alsace (Figure 33)?

Il n'est pas utile de reprendre l'ensemble des tentatives réalisées: je donne donc sans attendre les premières réponses.

Premièrement, aucune grille obtenue avec le motif "tommettes" d' *Adobe Illustrator* dans son orientation initiale (Nord-Sud = 0° de rotation) ne convient. Il faut d'abord imprimer une légère rotation du motif.

Secondement, la grille 73 km ne convient pas: il est nécessaire de réduire la taille des mailles (processus de vérification des hypothèses P1 et P2 décrit ci-dessus et appliqué aux places centrales du Bassin Parisien).

On peut faire directement l'hypothèse de la validité de la grille 71 km, utilisée pour ajuster le Système Lyon-Bordeaux-Toulouse.

Une tentative avec une rotation de 50° du motif "tommettes" montre plusieurs cas de figures intéressants.

1) Avec la grille 71 km (Figure 43), on obtient une approximation correcte de la trame Paris - Caen - Rouen - Amiens - Reims - Dijon - Orléans - Tours - Poitiers (en tenant compte, bien sûr, du très léger décalage vers le Sud-Ouest ² qui "finirait" la carte, et suite auquel Limoges "sort" de la grille). Il est parallèlement possible d'inclure Strasbourg (peut-être Metz) dans la grille, au prix d'un léger décalage vers le Nord-Ouest cette fois. Mais alors Poitiers en sera évincée...

Il faut encore noter que la grille sans décalage préliminaire s'adapte convenablement à la trame urbaine armoricaine: Brest - Rennes - Nantes et même Angers. Il est cependant hors de question de raccorder cette trame armoricaine à la trame France Bassin parisien: elles s'excluent mutuellement.

² A l'intention de ceux qui préfèrent une désignation plus concrète: très léger décalage de la grille vers le bas et à gauche.

Figure 39

Grille France Sud-Ouest: 72,5 km



LEGENDE

CARTE

Fond IGN- RECLUS - Echelle: 100 km = 1.5205 cm

CENTRES

Communes d'au moins 70.000 résidents en 1982

GRILLE

Diamètre de l'hexagone-origine: 0,635 cm

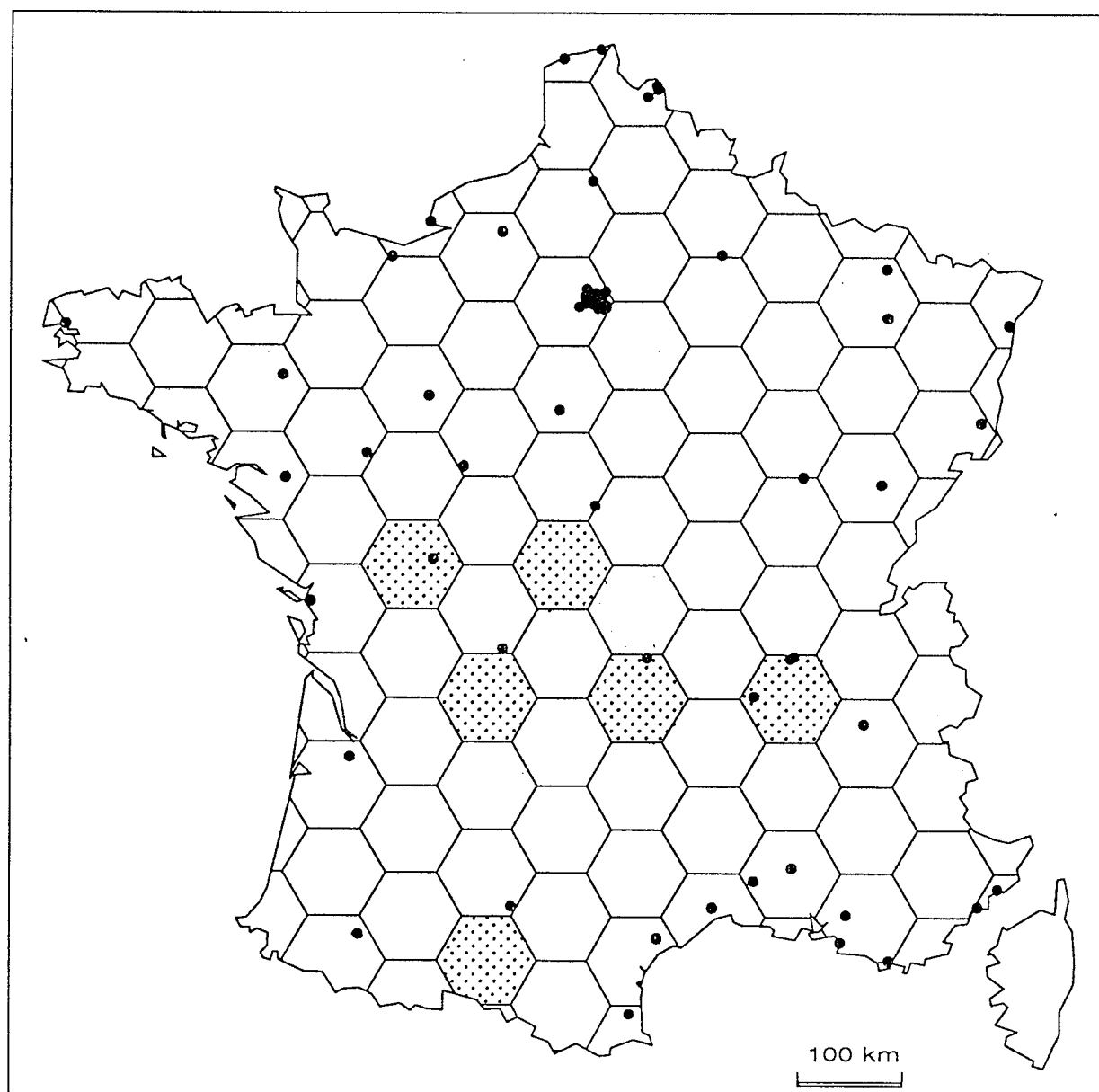
Rotation: 90°

Espacement des centres d'hexagones: 72,5 km

Réalisé sous *Adobe Illustrator* (® Adobe Systems)

Figure 40

Grille France Sud-Ouest: 72 km



LEGENDE

CARTE

Fond IGN- RECLUS - Echelle: 100 km = 1.5205 cm

CENTRES

Communes d'au moins 70.000 résidents en 1982

GRILLE

Diamètre de l'hexagone-origine: 0,635 cm

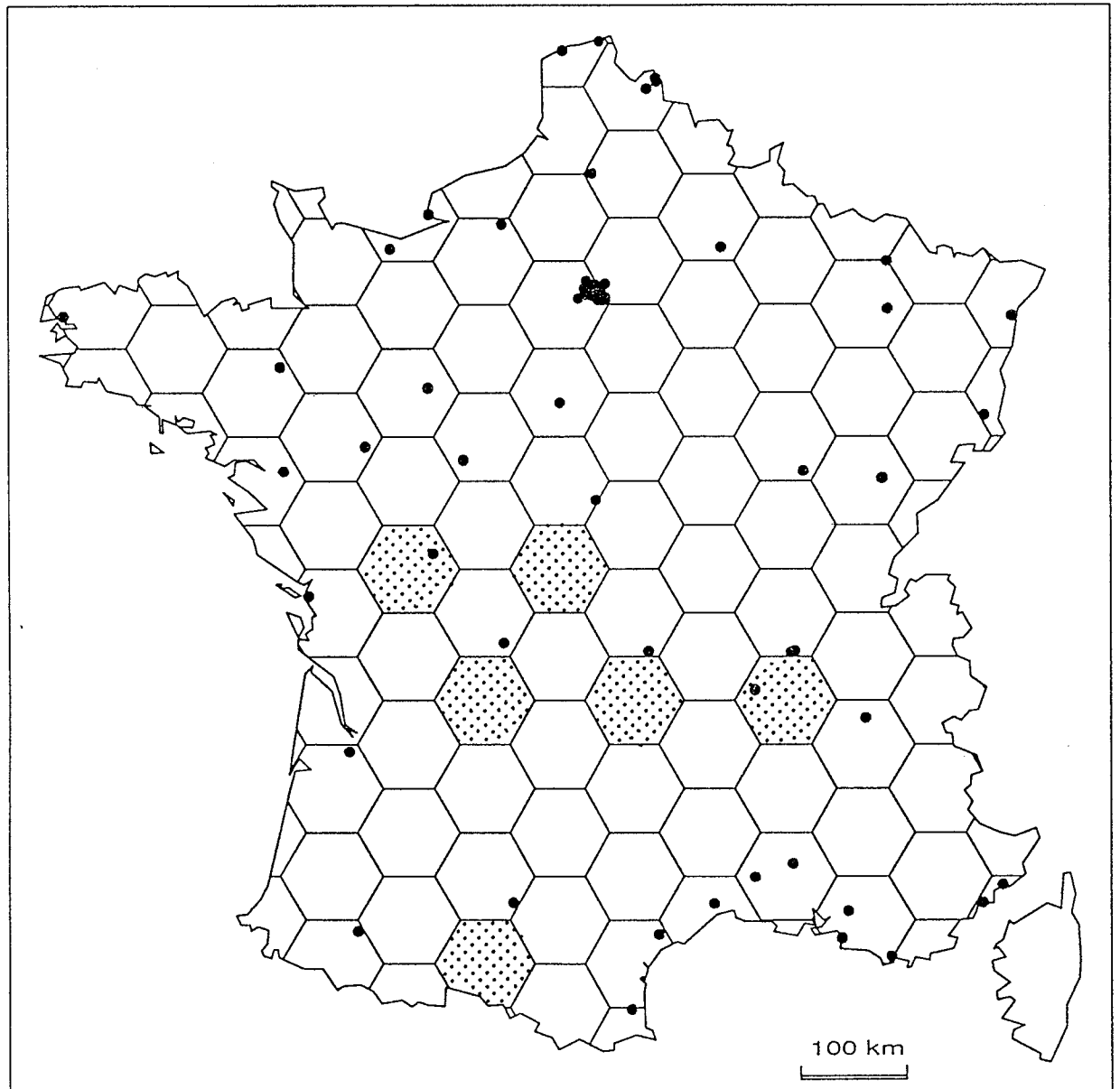
Rotation: 90°

Espacement des centres d'hexagones: 72 km

Réalisé sous *Adobe Illustrator* (® Adobe Systems)

Figure 41

Grille France Sud-Ouest: 71,5 km



LEGENDE

CARTE

Fond IGN- RECLUS - Echelle: 100 km = 1.5205 cm

CENTRES

Communes d'au moins 70.000 résidents en 1982

GRILLE

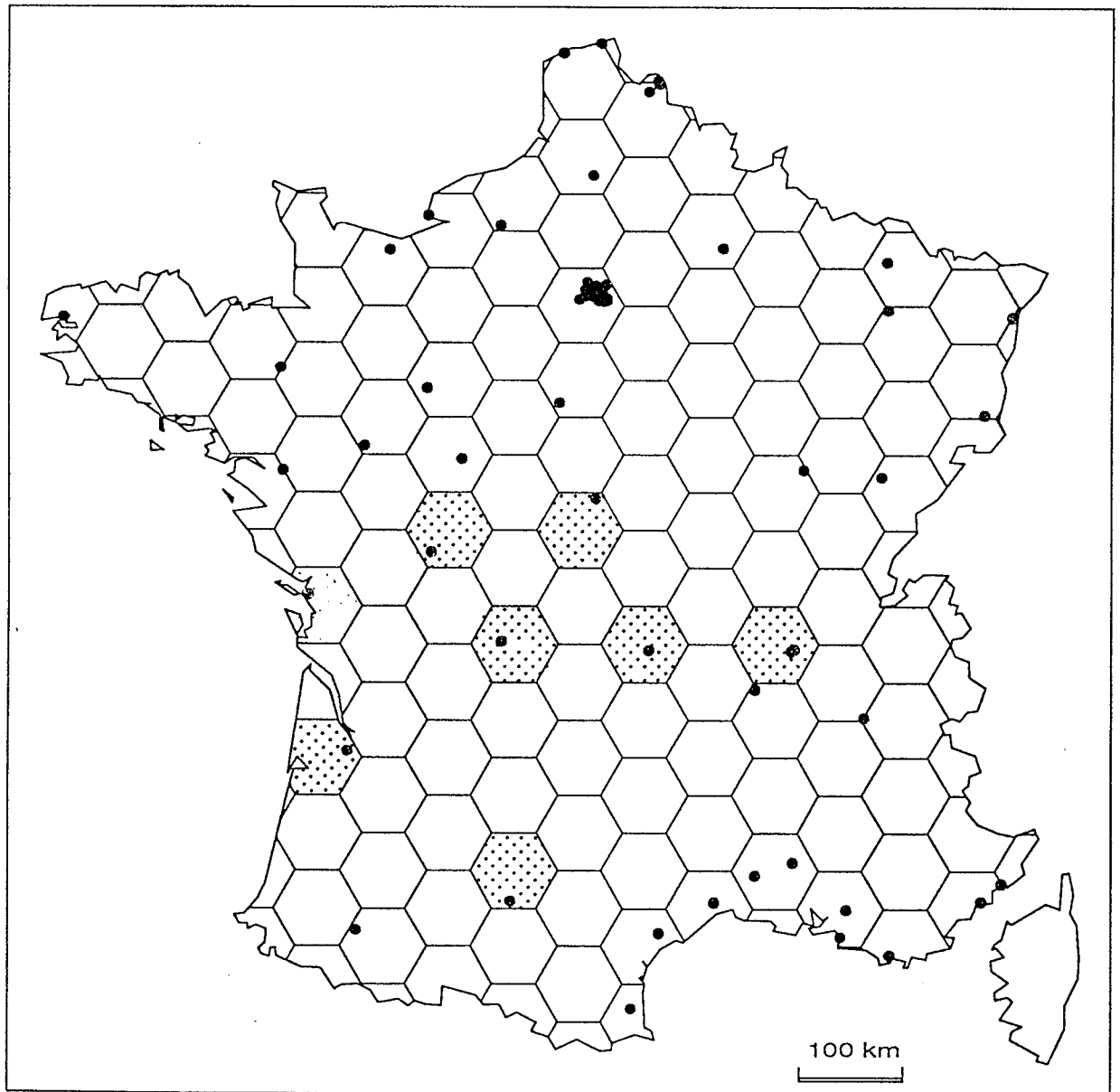
Diamètre de l'hexagone-origine: 0,635 cm

Rotation: 90°

Espacement des centres d'hexagones: 71,5 km

Réalisé sous *Adobe Illustrator* (® Adobe Systems)

Figure 42 Système Lyon - Bordeaux - Toulouse après ajustement



LEGENDE

CARTE

Fond IGN- RECLUS - Echelle: 100 km = 1.5205 cm

CENTRES

Communes d'au moins 70.000 résidents en 1982

GRILLE

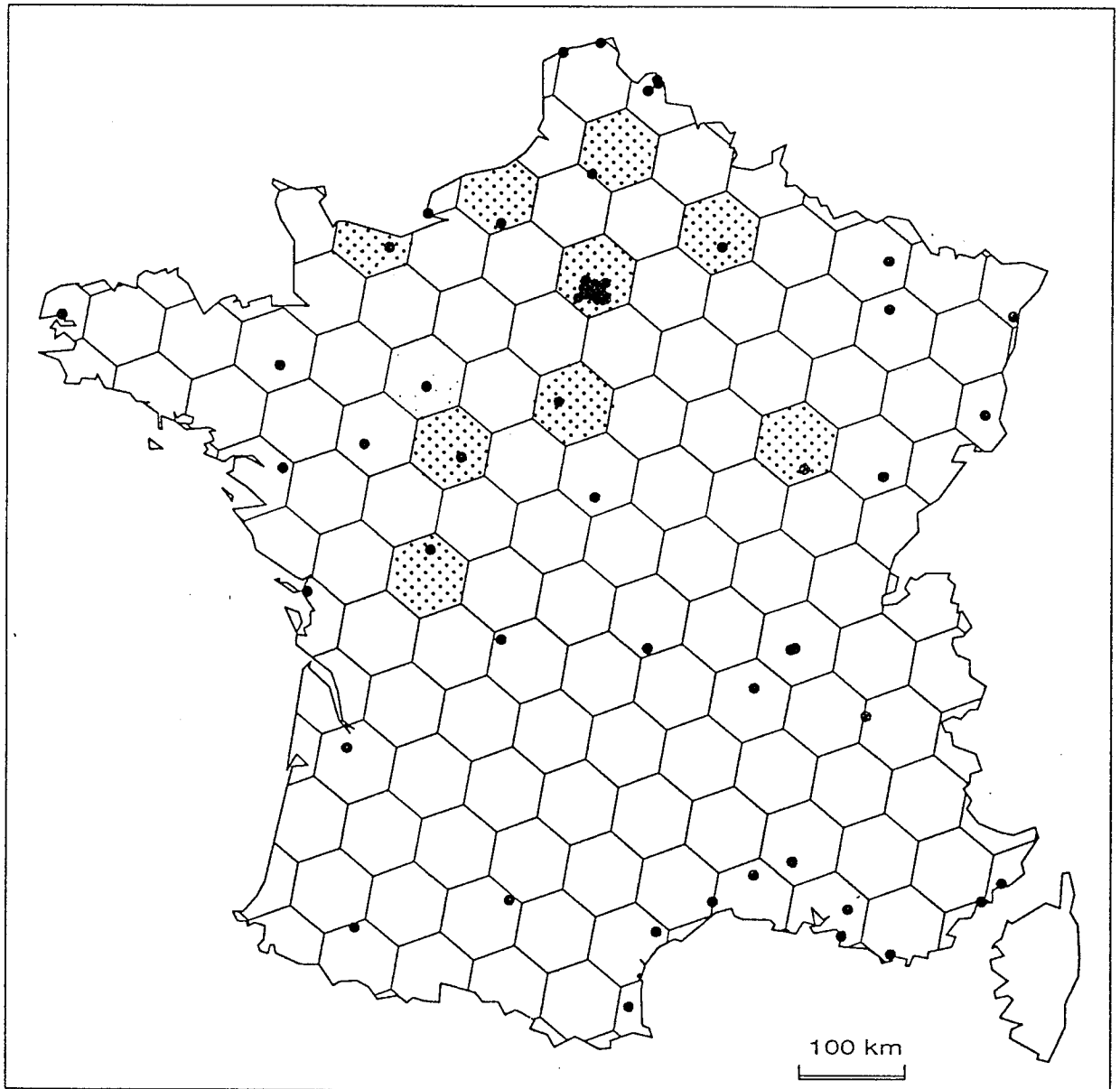
Diamètre de l'hexagone-origine: 0,635 cm

Rotation: 90°

Espacement des centres d'hexagones: 71 km

Réalisé sous Adobe Illustrator (© Adobe Systems)

Figure 43 Grille France Bassin parisien: 71 km Rotation de la grille: 50°



LEGENDE

CARTE
Fond IGN- RECLUS - Echelle: 100 km = 1.5205 cm

CENTRES
Communes d'au moins 70.000 résidents en 1982

GRILLE

Diamètre de l'hexagone-origine: 0,635 cm
Rotation: 50°
Espacement des centres d'hexagones: 71 km

Réalisé sous *Adobe Illustrator* (© Adobe Systems)

2) Il est tentant d'essayer de réduire encore la taille du maillage en gardant Poitiers dans la grille plutôt que Strasbourg et de voir l'extension du système basé sur Paris.

En retenant un espacement de 70,5 km entre les centres (Figure 44), Limoges et Clermont-Ferrand entrent dans la grille et Nantes se trouve à la limite des deux trames armoricaine d'une part, France Bassin parisien d'autre part. La grille 70 km (Figure 45) amène à un dilemme: doit-on insérer Nantes (plus, probablement, La Rochelle) ou Metz et Strasbourg ?

Ce qui importe, ce n'est pas de résoudre ce problème précis, c'est de constater que l'on tourne en rond, si je puis m'exprimer ainsi.

On part de deux options contraires: un calage Bassin parisien- Centre et pays attenants *ou* (ou exclusif, il faut bien le souligner) un calage Bassin parisien- Alsace et régions limitrophes. On opte pour une hypothèse, on approche au mieux la taille du maillage, on affine le calage et on se retrouve presque au point de départ.

Avec la rotation 50°, il n'est possible d'aller beaucoup plus loin: il faut avant tout redresser un peu l'inclinaison de la grille vers le Nord.

En effet, l'option Bassin parisien - Alsace requiert que Paris et Strasbourg soient sur la même ligne d'hexagones avec, entre elles, un écart de cinq hexagones (voir la figure de référence: Figure 33). Nous allons voir si une rotation de 55° fournirait une meilleure image.

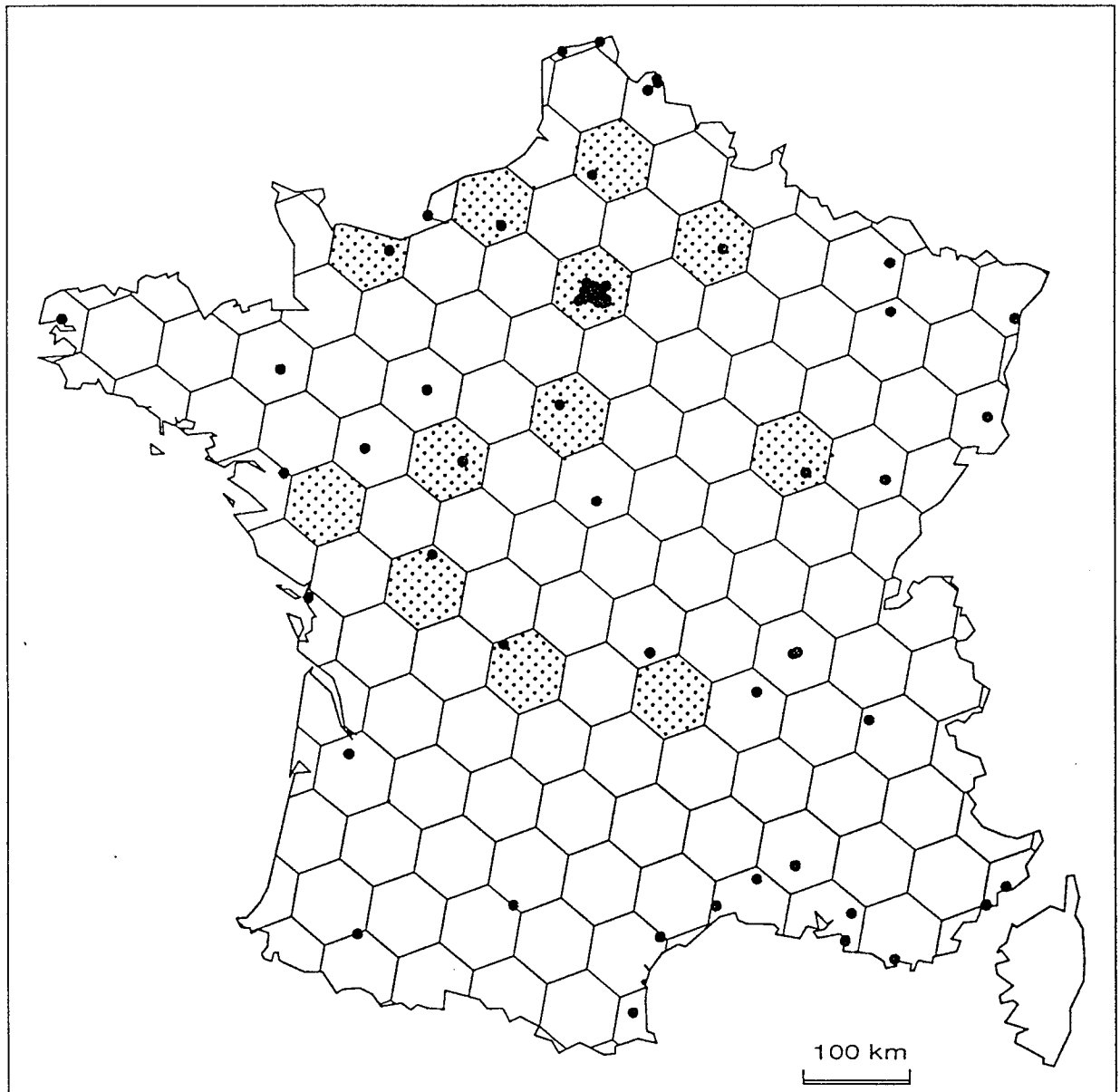
En conservant l'espacement de 71 km entre les centres d'hexagones, avec la rotation de la grille de 55°, on arrive effectivement à une approche plus fine du *Système Bassin parisien - Alsace* (Figure 46).

Là encore, *c'est le choix des places centrales sur lesquelles on désirait "installer" la grille qui est déterminant*. On aurait pu privilégier l'Ouest et caler la grille pour que Rouen, Caen, Rennes, Nantes, Angers, Tours, La Rochelle, reçoivent chacune un hexagone dans un Système Ouest -Bassin parisien.

L'outil hexagonal utilisé de cette façon est donc flexible pour n'importe quelle manipulation dictée par le regard que porte l'utilisateur sur la structuration de la trame urbaine. Il n'a par conséquent aucune valeur scientifique.

Et il est suffisamment malléable pour présenter sous un couvert apparemment scientifique n'importe quoi en matière de prospective spatiale...

Figure 44 Grille France Bassin parisien: 70,5 km Rotation de la grille: 50°



LEGENDE

CARTE

Fond IGN- RECLUS - Echelle: 100 km = 1.5205 cm

CENTRES

Communes d'au moins 70.000 résidents en 1982

GRILLE

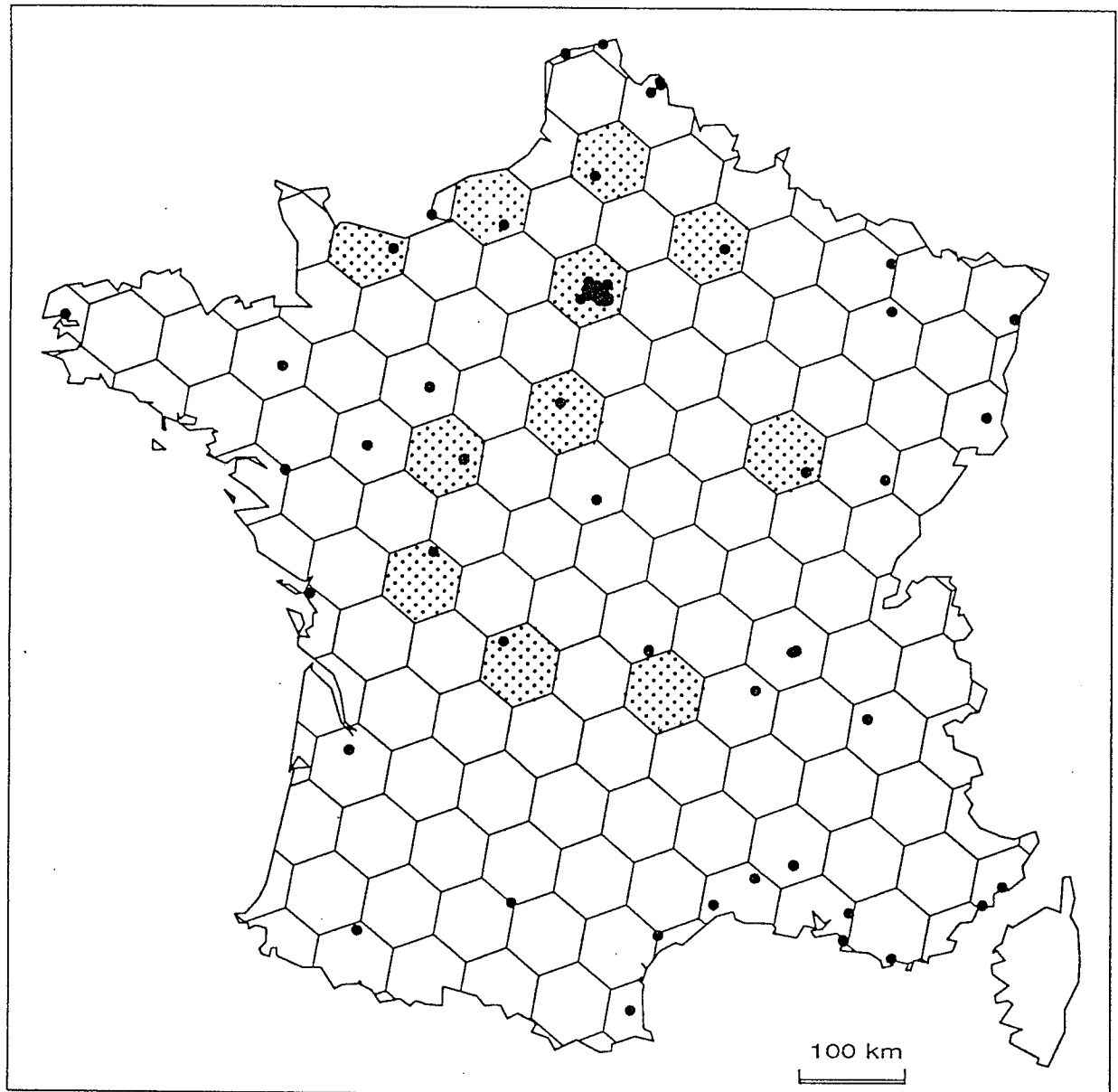
Diamètre de l'hexagone-origine: 0,635 cm

Rotation: 50°

Espacement des centres d'hexagones: 70,5 km

Réalisé sous *Adobe Illustrator* (® Adobe Systems)

Figure 45 Grille France Bassin parisien: 70 km Rotation de la grille: 50°



LEGENDE

CARTE

Fond IGN- RECLUS - Echelle: 100 km = 1.5205 cm

CENTRES

Communes d'au moins 70.000 résidents en 1982

GRILLE

Diamètre de l'hexagone-origine: 0,635 cm

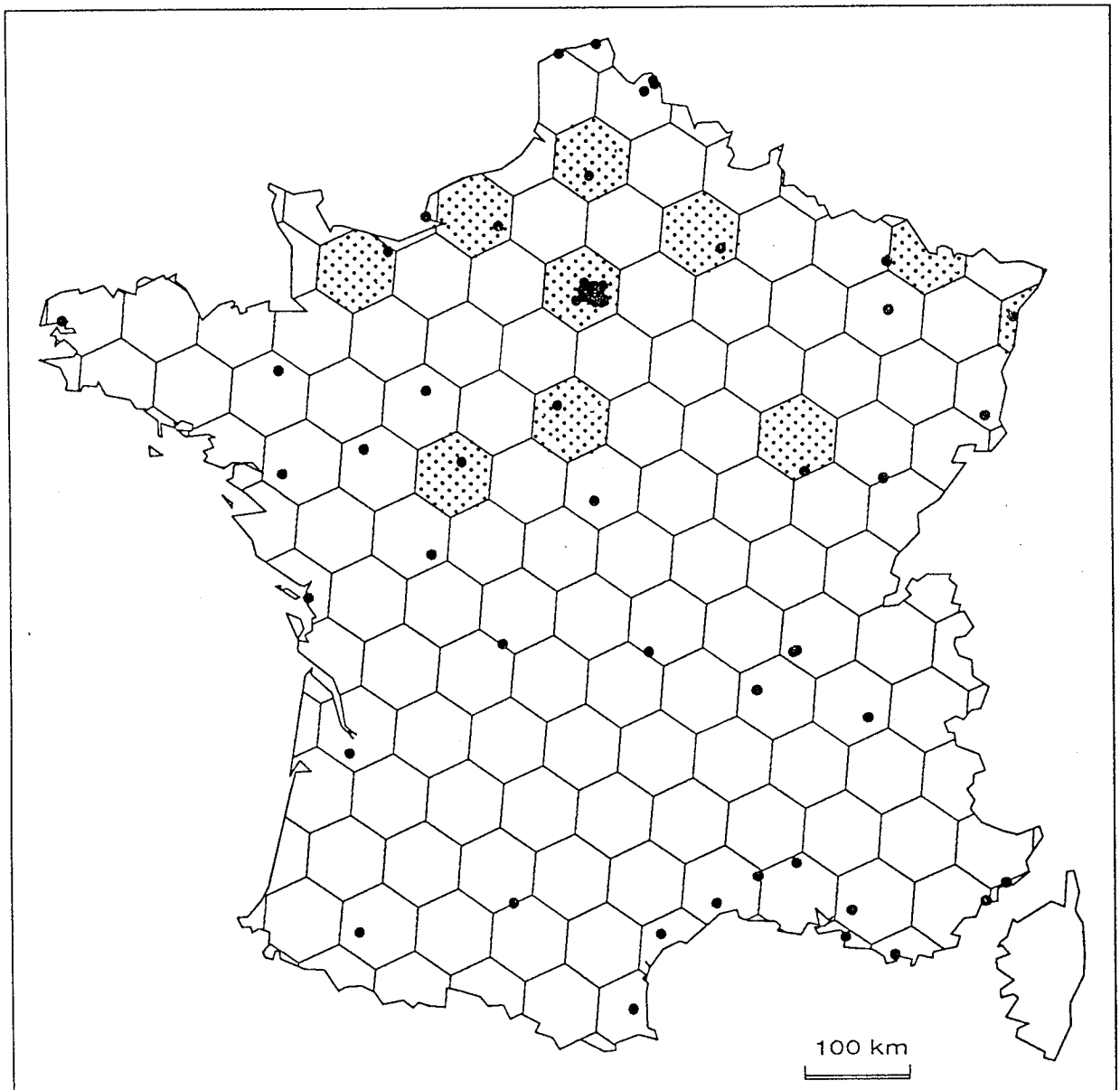
Rotation: 50°

Espacement des centres d'hexagones: 70 km

Réalisé sous *Adobe Illustrator* (® Adobe Systems)

Figure 46

Système Bassin parisien - Alsace



LEGENDE

CARTE

Fond IGN- RECLUS - Echelle: 100 km = 1.5205 cm

CENTRES

Communes d'au moins 70.000 résidents en 1982

GRILLE

Diamètre de l'hexagone-origine: 0,635 cm

Rotation: 55°

Espacement des centres d'hexagones: 71 km

Réalisé sous *Adobe Illustrator* (© Adobe Systems)

2.5. LE MAILLAGE HEXAGONAL REGULIER: BILAN DES TESTS EFFECTUES

“ Un très grand nombre de variables est à considérer, si bien que plusieurs combinaisons différentes peuvent mener à des résultats non discernables. Trop d'études de simulation laissent au chercheur l'impression que ce qui en sort est à peine plus que ce qui y a été mis, et que le résultat moyen de simulations nombreuses diffère peu d'une solution déterministe unique ”

Peter Gould, 1992.

Il est clair que le maillage hexagonal régulier n'apporte rien *de plus* à la connaissance des trames urbaines et qu'il ne peut *en aucun cas* être considéré comme un moyen d'investigation scientifique. Des preuves viennent d'être fournies (voir: Sous -Partie 2.4.2.); sans revenir sur les conclusions déjà dégagées quelques remarques complémentaires sont nécessaires.

On peut remettre en cause l'une des hypothèses initiales, implicite, de ce travail, hypothèse concernant le processus de constitution des trames urbaines. Ce processus a été considéré a priori comme produisant des formes identiques aux différentes échelles, puisqu'on est passé d'épures établies à l'aide d'un maillage hexagonal régulier appliqué sur une fraction d'espace réduite (Cotentin, Haute-Normandie, Calvados) à une application à l'ensemble de l'espace français.

Est-ce à dire que le modèle hexagonal régulier rendrait compte d'une logique spatiale de pertinence locale ? Je ne le crois pas. A grande échelle, les imprécisions et calages arbitraires ressortaient moins, mais il s'agissait *aussi d'ajustements approximatifs* du maillage hexagonal régulier à une trame urbaine.

Ou bien, ce modèle hexagonal régulier serait-il l'outil d'identification de types d'espaces caractérisés par l'espacement plus ou moins prononcé des centres urbains ? Je ne le crois pas non plus, surtout en conservant la plage de manœuvre choisie ¹, car *on ne peut pas stabiliser un maillage hexagonal régulier* d'une dimension donnée et dans une position précisée sur une trame urbaine.

Deux raisons au moins sont à invoquer.

Premièrement, la plage de manœuvre retenue pour affecter un centre urbain à un hexagone est source d'erreurs. Je prends à titre d'exemple une trame conforme au principe d'approvisionnement ²: examinons la Figure 47.

La plus petite distance - *espacement minimum absolu* : e - séparant deux centres urbains "centres" d'un hexagone de niveau n , est égale au rayon de l'hexagone de taille immédiatement inférieure c'est à dire à la distance entre deux centres d'hexagones de niveau $n-1$:

$$e = d_{n-1}$$

La plus grande distance - *espacement maximum absolu* : E - séparant deux centres urbains, "centres" d'un hexagone de niveau n , est égale à huit hauteurs de triangle équilatéral constitutif d'un hexagone de taille immédiatement inférieure $n-1$:

$$E = 8 h_{n-1}$$

On sait que $h = d \times (\sqrt{3} / 2)$

d'où, $E = d_{n-1} \times (8 \times \sqrt{3} / 2)$

$$E = d_{n-1} \times (4 \sqrt{3})$$

Or, $d_{n-1} \times \sqrt{3} = d_n$

$$E = 4 d_n$$

$$d_n \times \sqrt{3} = d_{n+1}$$

donc $E > d_{n+1}$

¹ Etant bien entendu que le calage est considéré comme correct si le centre urbain se trouve à l'intérieur de l'hexagone de niveau immédiatement inférieur entièrement inscrit dans l'hexagone auquel est affecté ce centre urbain (voir: Sous-Partie 2.2.2.).

² Rappel: principe d'approvisionnement; entre deux niveaux successifs de la trame, inversion du sens des hexagones et progression géométrique de raison $\sqrt{3}$ pour l'espacement des centres des hexagones.

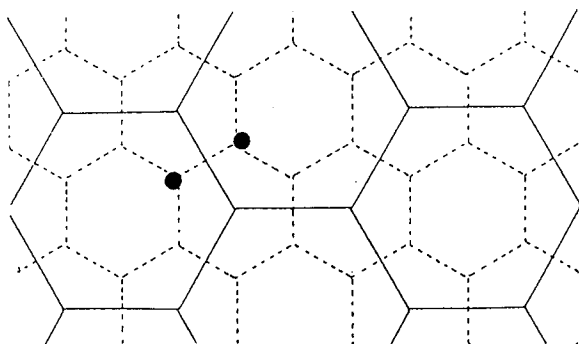
Figure 47

Maillage hexagonal régulier

Plage de tolérance pour l'espacement des centres urbains d'une grille de niveau n
 Trame conforme au principe d'approvisionnement

LEGENDE

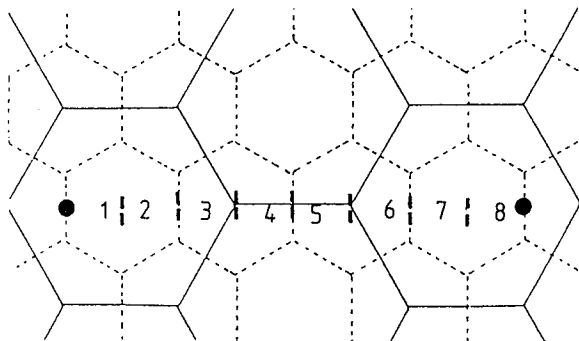
Espacement minimum absolu = e



Entre les deux centres urbains, "centres" d'hexagones de niveau n , on a au minimum un espacement égal à la longueur d'une arête d'hexagone de niveau $n-1$

$$e = d_{n-1}$$

Espacement maximum absolu = E



Entre les deux centres urbains, "centres" d'hexagones de niveau n , on a au maximum un espacement égal à huit hauteurs de triangle équilatéral constitutif d'un hexagone de niveau $n-1$

$$E = 8 h_{n-1}$$

or, $h = d \times (\sqrt{3} / 2)$ et $d_{n-1} \times \sqrt{3} = d_n$

$$E = 4 d_n$$

L'amplitude concédée comme "plage de confiance" pour les espacements des centres urbains, "centres" d'hexagones d'un niveau n de la trame, couvre donc une étendue variant entre d_{n-1} et $4 \times d_n$, c'est à dire une étendue qui inclut les espacements des centres d'hexagones de *trois niveaux successifs et distincts de la trame théorique*: $n-1$, n , $n+1$.

L'impossibilité de trouver un calage optimal, un espacement caractéristique, n'est pas très étonnante dans ces conditions.

En travaillant avec une plage de confiance réduite, la marge d'erreur serait moindre (le nombre de centres urbains possible à insérer dans la trame aussi...) mais de toutes façons il ne serait pas possible d'annihiler les déviations résultant du travail simultané sur la longueur et l'orientation des hexagones.

En effet, que se passe-t-il exactement lorsqu'on procède au calage d'une grille hexagonale régulière ?

On part de centres urbains pris comme centres d'hexagone, on évalue la taille du maillage, puis on l'applique de façon à ajuster au mieux la grille sur les centres pris comme référence. S'il s'avère que le maillage est trop / trop peu lâche, on travaille sur la longueur des arêtes (= rayon) des hexagones. Puis on "affine" en intervenant sur l'orientation du maillage, ce qui induit une variation des longueurs des segments définis entre deux points distincts. Selon la valeur de l'angle de rotation, la variation sera sensible à plus ou moins grande distance du point-origine de la rotation, allant jusqu'à "rattraper" le niveau théorique immédiatement inférieur ou supérieur de la trame !

Tout ceci n'est d'ailleurs qu'une illusion d'optique. L'ensemble du "mouvement" correspond en fait à une "collection d'arrêts sur image" parmi l'éventail en fondu-enchaîné des positions possibles dans le maillage, une juxtaposition des clichés instantanés jugés pertinents sans que l'on puisse énoncer un critère rigoureux étayant la stabilisation de la trame urbaine dans ces positions-ci.

Deuxièmement, le choix du principe d'imbrication des trames est litigieux. Plusieurs possibilités s'offraient, correspondant avec une disposition des centres de niveau immédiatement inférieur spécifiée sur le tracé du maillage hexagonal régulier: le principe d'approvisionnement (centres de niveau immédiatement inférieur sur les sommets des hexagones - utilisé dans les tests précédents), le principe de circulation (centres de niveau immédiatement inférieur sur le milieu des arêtes des hexagones).

En première approche, j'avais opté pour le principe d'approvisionnement. Toutefois, est-il sûr que ce choix était bon et surtout pertinent sur la série entière des grilles successives constitutives du maillage ?

Rien n'est moins évident: en regardant de plus près la Figure 46, on observe entre Paris et Strasbourg un écart de 5 hexagones et simultanément un écart de 3 hexagones entre Paris et Nancy, un écart d'1 hexagone entre Nancy et Strasbourg.

On sait par ailleurs que les grilles hexagonales composant la trame selon le principe de circulation sont toutes orientées identiquement; les centres des hexagones d'un niveau n qui, par construction, deviennent centres d'hexagones dans la grille de niveau immédiatement supérieur $n + 1$, sont espacés entre eux d'un hexagone de niveau n et ce dans toutes les directions.

Si seules Paris et Strasbourg reçoivent une "bonne" position dans la grille supérieure de la trame répondant au principe d'approvisionnement, il semblerait donc qu'avec une orientation de la grille supérieure conforme au principe de circulation Paris, Nancy et Strasbourg devraient s'insérer correctement dans une trame Bassin parisien - Alsace...

Là encore la question est mineure. Tout dépend une fois de plus des places centrales auxquelles on reconnaît "un plus" historique, économique, stratégique, donc de l'introduction de variables exogènes au schéma.

Alors, pourquoi retrouve-t-on toujours un espacement moyen entre les plus petites places centrales oscillant autour de 14 kilomètres tandis que simultanément il n'existe ni ajustement convenable de la trame hexagonale correspondant à cet espacement moyen, ni pic de fréquences dans la série statistique des distances inter-régionales "au plus proche voisin de taille supérieure ou égale" coïncidant avec cette valeur ?

Parce qu'en s'efforçant d'insérer la trame urbaine à l'intérieur du carcan hexagonal régulier, on "révèle" un fait structurel enregistré dans "la mémoire de l'espace", selon l'expression chère à François Durand-Dastès: la distance d'étape séparant les relais en France et en Allemagne en des époques révolues.

Le maillage hexagonal régulier met ainsi en valeur des structures anciennes, les centres "bien placés" pouvant être moribonds ou sur des trajectoires économiques désuètes. Dans un sens, on pourrait même dire que dans ce type d'approche, *il masque la dynamique des territoires*.

L'efficacité virtuelle du maillage hexagonal régulier pour l'analyse des trames urbaines ?

Il s'agit juste d'un *moyen de présentation médiatique* - très efficace, j'en conviens, pour des raisons inhérentes à une certaine esthétique -, un moyen de divulgation de résultats (voire, de constats ?) *mais qui n'est pas un réactif de la structuration des trames urbaines*.

Et cette présentation dépend de l'idée que l'on se fait de la structuration des trames urbaines !

Par exemple, l'hexagone de Paris qui englobe ceux des villes périphériques Rouen, Amiens, Reims, (Troyes), Orléans, (Chartres-Alençon Le Mans) est-il vraiment le niveau supérieur d'une trame conforme au principe d'approvisionnement (Figure 35) ? Ne serait-ce pas plutôt l'expression du principe d'administration - la métropole et les grandes villes qu'elle phagocyte -, ou un compromis des deux, ou des trois, le principe de circulation inter-agissant sur l'ensemble ?

Walter Christaller avait bien insisté sur l'interaction des trois logiques de constitution de la trame urbaine (Christaller 1933 a - voir: Sous-Partie 1.2.2.).

Dans l'hypothèse où l'on travaillerait avec une seule grille (évacuation des problèmes liés à la sélection du principe d'emboîtement) quel justificatif pourrait-on fournir à l'appui du choix de la figure géométrique "hexagone régulier" ?

Le contrôle territorial ? Soit, mais celui-ci doit alors relever d'une volonté politique car si l'hexagone régulier est la figure offrant le meilleur rapport périmètre / surface (voir notamment: Haggett 1966, Brulard 1989), c'est une solution plus onéreuse que la structure quadrangulaire laquelle offre également un bon rapport périmètre / surface. Et le surcoût n'est pas toujours souhaitable ou envisageable...

Il en est de même d'un strict point de vue économique: August Lösch l'avait explicitement notifié (Lösch 1940 - voir: Sous-Partie 1.3.1.).

Il reste que le maillage hexagonal régulier peut aider à disséquer la question de l'organisation spatiale des trames urbaines (voir par exemple: Amat, Grataloup, Mendibil, Pumain et Robic 1989).

Par expérience personnelle, forgée sur de trop nombreux essais infructueux ³, je pense toutefois inopportun de poursuivre dans cette voie de recherche sans tenter d'appréhender les virtualités d'autres grilles de lecture susceptibles de dévoiler la logique spatiale des trames urbaines .

³ Essais non repris ici: l'inventaire aurait été trop long, fastidieux et finalement d'aucune utilité. Beaucoup d'énergie gaspillée en vain... le doctorat est bien l'apprentissage du métier de chercheur !