

les
Cahiers
Scientifiques
du
Transport

Transport - Aménagement
Environnement - Logistique

LES CAHIERS SCIENTIFIQUES DU TRANSPORT

TRANSPORT - AMENAGEMENT - ENVIRONNEMENT - LOGISTIQUE

N ° 34 / 1998

SOMMAIRE

J.P. BERTHIER	Congestion urbaine : un modèle de trafic de pointe à courbe débit-vitesse et demande élastique	3
A. FREMONT	Conteneurisation et Tiers-Monde à travers l'exemple de la Compagnie Générale Maritime. 1965-1995	31
M. PIQUANT	Le stockage en France : pour une approche des structures et dynamiques spatiales	53
Y. HAYASHI, R. SUPARAT, R. MACKETT, K. DOI, Y. TOMITA, N. NAKAZAWA, H. KATO, K. ANURAK	La liaison entre l'urbanisation, la motorisation et l'environnement. Une étude comparative internationale de Londres, Tokyo, Nagoya et Bangkok (Première partie)	75
Colloques, Conférences, Séminaires		
E. TABOURIN	Les quatrièmes Journées Doctorales de l'AFIT	101
A. BURMEISTER, O. KLEIN	Compte rendu du deuxième séminaire de l'atelier thématique du GDR Transpace "Interactions transport-espace"	109
Résumés/Abstracts		113

les Cahiers Scientifiques du Transport
N° 34/1998 - Pages 75-100

Yoshitsugu Hayashi et alii
La liaison entre l'urbanisation, la
motorisation et l'environnement...

**LA LIAISON ENTRE L'URBANISATION, LA
MOTORISATION ET L'ENVIRONNEMENT.
UNE ETUDE COMPARATIVE INTERNATIONALE
DE LONDRES, TOKYO, NAGOYA ET BANGKOK
(PREMIERE PARTIE)¹**

YOSHITSUGU HAYASHI, RITHIKA SUPARAT*, ROGER MACKETT,
KENJI DOI***, YASUO TOMITA****, NAHOKO NAKAZAWA,
HIROKAZU KATO, KRIT ANURAK²**

**NAGOYA UNIVERSITY ; sauf * METROPOLITAN RAPID TRANSIT AUTHORITY
(THAILANDE) ; ** UNIVERSITY COLLEGE LONDON (VISITING PROFESSOR) ;
*** TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY ; **** KOBE UNIVERSITY**

¹ La longueur de l'article nous contraint à le publier sur deux numéros. Les sections 4 et 5 (Conclusions), ainsi que la Bibliographie, figureront dans le numéro 35 des Cahiers Scientifiques du Transport.

² Les auteurs souhaitent remercier les membres du SIG 1 (*Special Interest Group on Transport and Land Use*) de la WCTRS (*World Conference of Transport Research Society*), particulièrement les professeurs Hideo NAKAMURA et John ROY de l'Université de Tokyo et le Dr. Michael WEGENER de l'Université de Dortmund pour leur coopération et leurs commentaires avisés sur notre étude.

Cet article repose sur une recherche financée par le Ministère japonais de l'Education, de la Culture et de la Science portant sur les phénomènes d'étalement urbain et les évolutions environnementales et supervisée par le Professeur Hideo NAKAMURA. Elle a également bénéficié d'un soutien de l'*Asahi Glass Foundation* et du *British Council*.

1. INTRODUCTION

La consommation d'énergie et les émissions de polluants, qui affectent l'environnement local et global, augmentent plus rapidement dans le secteur des transports que dans les secteurs industriel et domestique. Dans les pays avancés où l'occupation du sol en milieu urbain est proche de la saturation, les causes majeures de la détérioration du secteur environnemental sont d'abord un système de transport organisé en fonction de la voiture auquel s'ajoute une préférence des usagers pour l'automobile, permise par un niveau élevé de motorisation. Dans les pays en développement, les causes majeures peuvent être (a) la hausse de la longueur des parcours due à l'étalement urbain rapide des régions urbaines s'expliquant par un important exode rural (b) la congestion (qui s'aggrave) causée par le déséquilibre entre une offre d'infrastructures de transport insuffisante et une croissance de la motorisation due à la croissance des revenus.

Les mécanismes d'augmentation de la consommation d'énergie et de la dégradation environnementale résultent donc des processus d'urbanisation et de motorisation. C'est pourquoi nous les examinerons, dans cet article, en référence à des conditions d'urbanisation et de motorisation correspondant à différents niveaux de développement économique. Pour identifier les phénomènes imputables au développement économique, nous mènerons une étude internationale comparative de quatre métropoles, à différentes étapes des développements économique, urbain et de la motorisation : Londres, Tokyo, Nagoya et Bangkok. Cette démarche sera conduite avec prudence, d'autant que les données disponibles ne permettent que rarement d'élaborer des relations mathématiques fiables entre les différents indicateurs susceptibles de qualifier et quantifier les divers phénomènes.

Cette étude vise à offrir un cadre global d'analyse à base de scénarios pour déterminer les causes et les résultats de la dégradation environnementale en ce qui concerne l'occupation du sol et la planification du transport. En s'appuyant sur une analyse des analogies observables dans le contexte des pays développés, elle vise tout particulièrement à déterminer les mesures politiques qui empêchent la détérioration environnementale dans les pays en développement, c'est-à-dire là où ces dégradations deviennent de plus en plus préoccupantes et où, de plus, l'augmentation de population urbaine se fera majoritairement.

Un premier chapitre étudie alors la place du secteur des transports dans la consommation d'énergie et ses effets sur l'environnement, à travers une analyse des tendances de consommation d'énergie et d'émissions de polluants par secteur, tant dans les pays développés qu'en développement. Le chapitre suivant analyse les formes et les caractéristiques du développement spatial et du processus d'urbanisation qui ont une grande influence sur l'environ-

nement. Nous y abordons également les évolutions de la concentration et de la répartition de la population et des emplois. Les stades de développement spatial et d'urbanisation y sont mesurés par quelques indicateurs originaux. Un dernier chapitre s'intéresse à l'analyse des relations entre la motorisation, l'infrastructure et l'environnement. Nous y discutons les effets sur l'environnement causés par la congestion résultant du hiatus entre la croissance de la motorisation et les carences en infrastructures. Enfin, en conclusion, nous revenons sur les enseignements de ce travail et les études complémentaires souhaitables.

2. LE TRANSPORT, L'UN DES DÉTERMINANTS DES CHANGEMENTS DE L'ENVIRONNEMENT

2.1. NIVEAU DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE ET CONSÉQUENCES ENVIRONNEMENTALES

Les caractéristiques et le niveau de développement économique influencent fortement la qualité de l'environnement. En effet, la configuration des problèmes environnementaux dépend en grande mesure de la structure économique et du taux de croissance économique. En général, on observe que la sensibilité aux problèmes de l'environnement augmente avec le revenu.

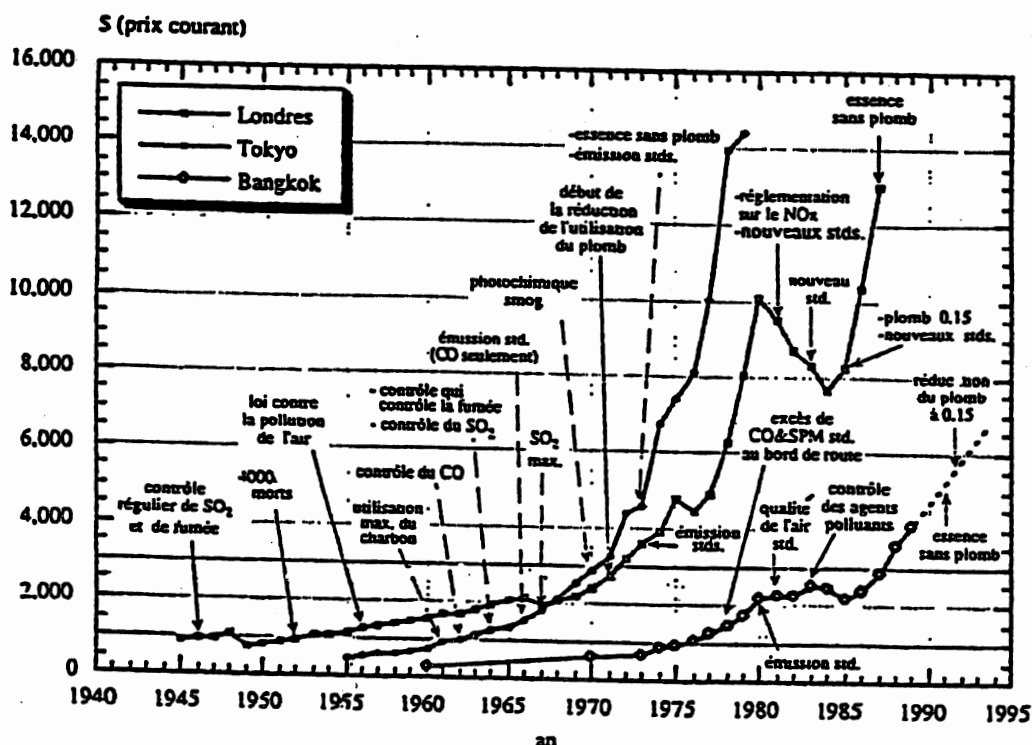
Croissance du revenu et sensibilité aux questions environnementales

Historiquement, dans toutes les métropoles, la pollution de l'air fut considérée comme un problème sérieux à partir du moment où le produit régional brut (PRB) annuel moyen par personne atteignit entre 200 et 300 \$. En témoignent les tentatives de réduction de la concentration de fumées à Londres par passage du charbon à l'huile au début des années 1900 (PRB de l'ordre de 280 \$), l'étude sur la pollution de l'air réalisée par le bureau de Tokyo en 1927 et l'enquête sur les émissions des véhicules à moteurs à Bangkok au début des années 60 (PRB de l'ordre de 270 \$). Pourtant, il semble qu'une attention limitée a été accordée à ce problème tandis que le développement économique était l'objectif principal durant cette période. L'auteur du *British Building Journal* a relevé trois raisons pour expliquer le peu d'effort fourni pour réduire les émissions de fumée durant le dix-neuvième siècle. La fumée n'était que le produit dérivé d'une activité qui exigeait l'attention et le support de tous les intérêts financiers ; le dommage causé par ces émissions n'était pas évident pour les individus ; puisque ce dommage était causé par un grand nombre de petits producteurs, il était difficile d'établir une relation de cause à effet évidente (WHO, 1961).

L'apparition de problèmes environnementaux sérieux

Les correspondances entre les changements notables du PRB moyen par personne et quelques événements majeurs concernant la pollution de l'air sont représentées en Figure 1. Celle-ci suggère que le problème de l'air s'est probablement posé à partir du moment où le PRB s'est situé entre 1 000 et 3 000 \$ environ. En effet, les événements ayant trait à la pollution de l'air, les lois et réglementations la concernant sont fréquents pendant cette période. La vague de smog à Londres en 1952 apparaît à un niveau de PRB de 1 000 \$ et elle est suivie de la mise en place d'une loi contre la pollution de l'air (*Clean Air Act*). Le contrôle des polluants, les lois environnementales, les mesures de régulation et la concentration élevée des polluants apparaissent dans les années 60 quand le niveau du produit annuel par personne est compris entre 1 000 et 2 000 \$. A Bangkok, la concentration des polluants en bord de route dépasse les standards lorsque le PRB est de 1 500 \$ environ.

Figure 1 : PRB moyen annuel per capita et principaux événements concernant la pollution de l'air, de 1945 à 1995



Sources : CENTRAL STATISTICS OFFICE, 1978-1991 ; CENTRAL STATISTICS OFFICE, 1991 ; ECONOMIC PLANNING AGENCY, 1976, 1992 ; INTERNATIONAL MONETARY FUND, 1990 ; NESDB, 1991

Le graphe de Nagoya est omis dans cette Figure pour des raisons de lisibilité.

La mise en place de mesures

La Figure 1 suggère également que la conscience des problèmes de pollution de l'air est généralement apparue quand le niveau du PRB par personne atteignait au moins 1 000 \$, comme le montre par exemple la date de mise en oeuvre d'un contrôle régulier des polluants à Londres et Tokyo. Néanmoins, à Bangkok, le contrôle n'a commencé qu'à partir du moment où le PRB atteignait 2 500 \$. Ceci pourrait s'expliquer par un moindre impact du développement industriel à Bangkok.

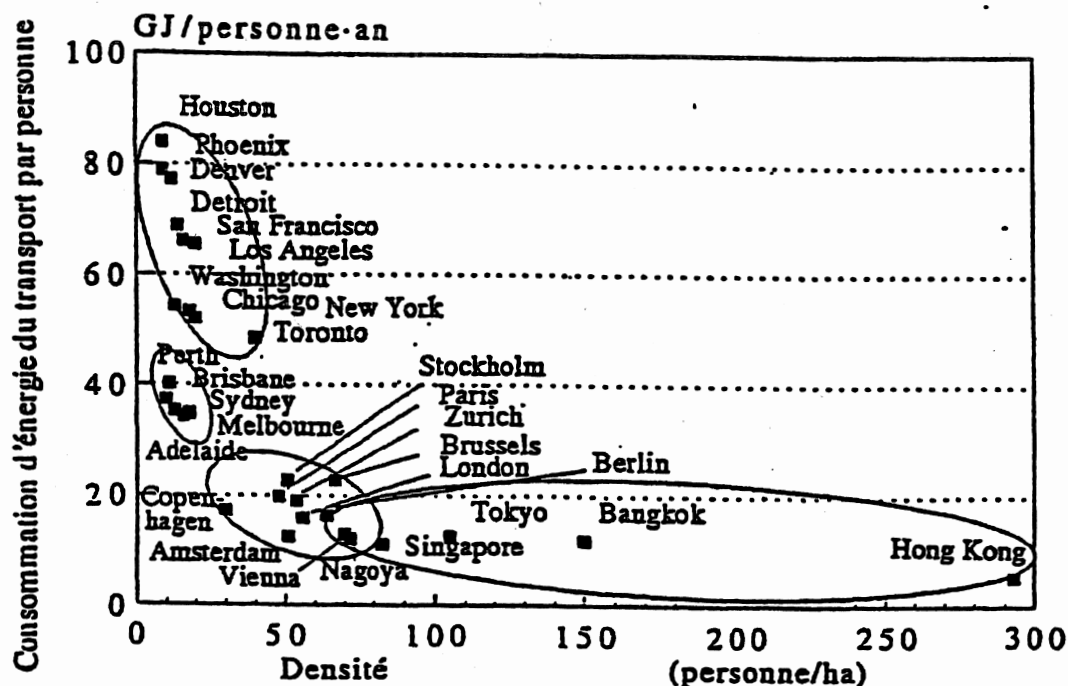
Si l'on en vient aux émissions des moteurs des véhicules, la même Figure montre que des politiques de maîtrise ont été mises en place dans les trois métropoles à partir du moment où le niveau du PRB a atteint 2 000 \$ environ. Ceci indique qu'à cette période la pollution de l'air causée par le trafic était considérée comme l'un des plus importants problèmes d'environnement. Néanmoins, les réglementations introduites étaient faibles (contrôle du CO à Tokyo, du CO et de la fumée noire à Bangkok). Il est probable que les individus furent plus sensibles à ces aspects quand le niveau du PRB dépassa les 4 000 \$. C'est à cette époque que des standards précis d'émission et l'essence sans plomb ont été introduits au Japon et à Tokyo et que l'essence sans plomb et le pot catalytique (mais sans normes strictes) étaient mis en place à Bangkok. En Grande-Bretagne et à Londres, les normes devinrent plus sévères à ce niveau économique, mais les changements ne devinrent significatifs qu'à partir d'un PRB de 8 000 \$ environ.

Néanmoins, si les problèmes et les mesures de régulation sont apparues dans chaque métropole à des niveaux de revenus similaires, le secteur concerné différerait. Pour Londres, il s'agissait des secteurs domestiques et industriels dans les années 50, pour Tokyo, du secteur industriel dans les années 60 et pour Bangkok, du secteur des transport dans les années 80 et 90.

2.2. LES FACTEURS INFLUENÇANT LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE DANS LES TRANSPORTS

Généralement, une ville compacte a besoin de moins d'énergie, car la distance quotidienne parcourue y est plus courte. La Figure 2, à partir de la représentation de 32 villes d'Asie, d'Europe, d'Australie et des Etats-Unis, montre qu'il existe une relation entre la densité de la population et la consommation d'énergie annuelle par personne.

Figure 2 : Densité de population et consommation d'énergie du transport (1980)



Les consommations varient de 10 giga-joules par personne et par an dans les villes asiatiques à 80 giga-joules par personne et par an dans les villes américaines. Globalement, les villes qui ont une densité de population plus élevée sont plus efficaces en matière de consommation d'énergie, à part les villes asiatiques où le revenu semble être un facteur dominant dans la détermination des frontières géographiques des villes.

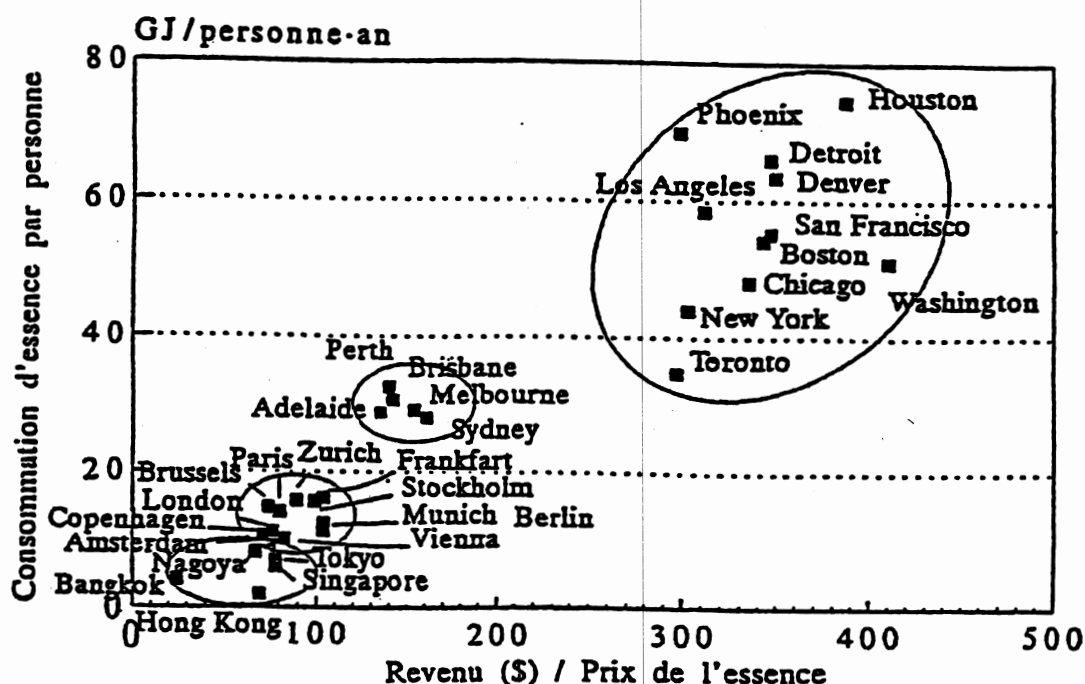
La consommation d'énergie par personne est un peu plus élevée dans les villes européennes que dans les villes asiatiques. Pourtant la densité de la population des villes européennes est beaucoup moins élevée que celle des villes asiatiques.

Le contraste entre les villes américaines et européennes peut s'expliquer par plusieurs points : a) le contrôle de l'usage du sol plus rigoureux en Europe a généré des villes plus denses bien que les règles légales concernant les aménagements sanitaires et de confort aient été mises en place dès le début de ce siècle, à un moment où personne ne prévoyait les contraintes environnementales actuelles ; b) de plus, de meilleurs systèmes ferroviaires et un prix élevé du carburant en Europe dissuadent d'utiliser la voiture.

Bien que les villes américaines et australiennes aient la même densité de population, les premières consomment le double d'énergie. Ceci peut s'expliquer par les différences de coût d'utilisation de la voiture, dues aux écarts dans le coût du carburant.

La Figure 3 représente la relation entre le prix normalisé du carburant et la consommation d'énergie dans les 32 villes. Elle montre clairement que même aux Etats-Unis (qui est l'un des pays les plus riches) l'élasticité du prix du carburant à la consommation d'énergie est très élevée. Le faible prix du carburant encourage les longs parcours en voiture et la résidence en lointaine périphérie.

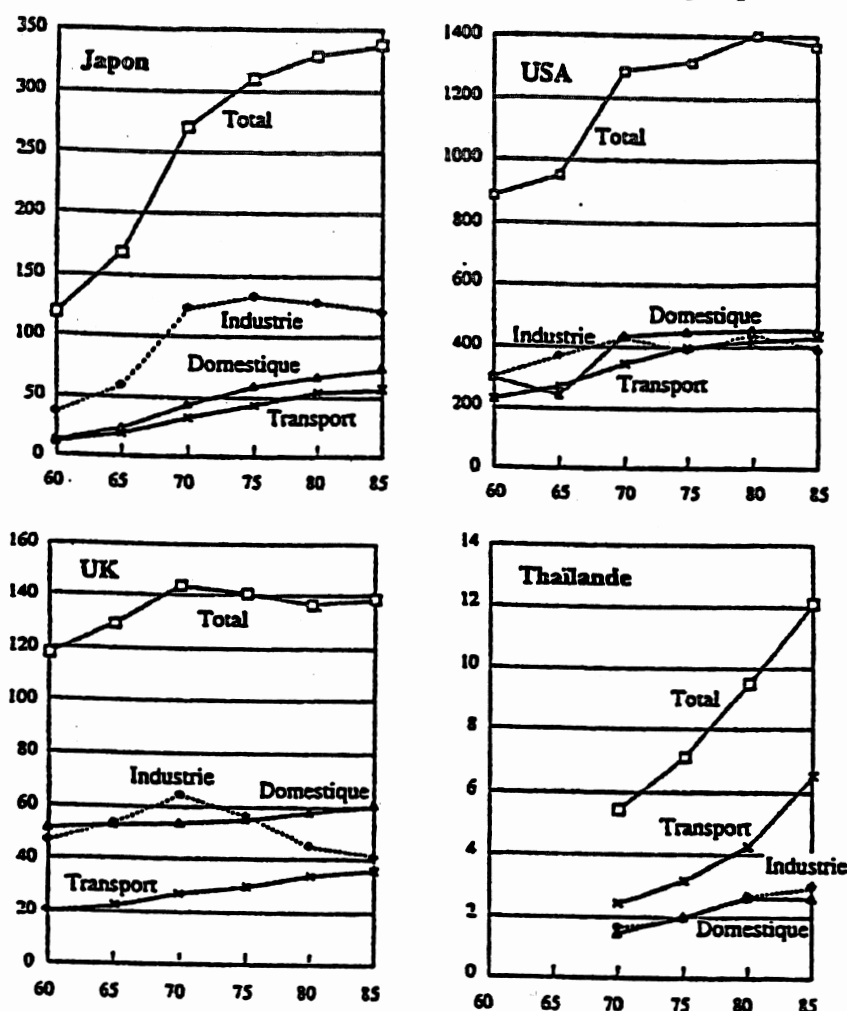
Figure 3 : Ratio Revenu/Prix de l'essence et consommation d'essence (1980)



Sources : FRENCH, 1990 ; Les valeurs pour Tokyo, Nagoya et Bangkok sont estimées par les auteurs

2.3. TENDANCES GÉNÉRALES DE CONSOMMATION D'ÉNERGIE PAR SECTEUR

L'analyse de la tendance générale de la consommation d'énergie montre que, malgré le développement économique, la consommation du secteur industriel reste stable ou en légère augmentation, spécialement dans les pays développés. Mais dans le secteur des transports, la consommation d'énergie augmente d'une année sur l'autre. La Figure 4 montre que la consommation d'énergie du secteur des transports augmente aux Etats-Unis, en Grande-Bretagne et au Japon alors que la consommation du secteur industriel diminue. Par contre, la consommation d'énergie dans un pays en développement comme la Thaïlande présente une tendance générale à la hausse, quelque soit le secteur d'activité. La consommation d'énergie du secteur des transports augmente du fait de la croissance économique de telle sorte que plus de 50% de l'énergie est consacrée à ce secteur en Thaïlande.

Figure 4 : Evolution de la consommation en énergie par secteur

Abscisses : Années, Ordonnées : Millions de Tonnes-Equivalent-Pétrole
 Sources : OECD, 1990c ; OECD, 1991a

La consommation d'énergie dans les pays en développement devrait exploser à l'avenir du fait de la croissance rapide de la motorisation, celle-ci devenant alors le facteur déterminant la structure des consommations d'énergie et l'augmentation de l'effet de serre.

2.4. CONTRIBUTION DU SECTEUR DES TRANSPORTS AUX ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE ET À LA POLLUTION DE L'AIR

Actuellement, le secteur des transports, particulièrement celui des transports routiers, est considéré comme le principal responsable des problèmes de pollution de l'air. Globalement, le transport est une source importante d'émissions de CO_2 et de CFC, les principaux facteurs du réchauffement de la planète. Les émissions de CO_2 rendent compte d'environ 50 % de l'augmentation annuelle du réchauffement de la planète et celles de CFC de 20 % (FAIZ, 1993), la contribution totale du transport routier à l'effet de serre étant de l'ordre de 12% (dont 7% pour le CO_2 et 5% pour les CFC).

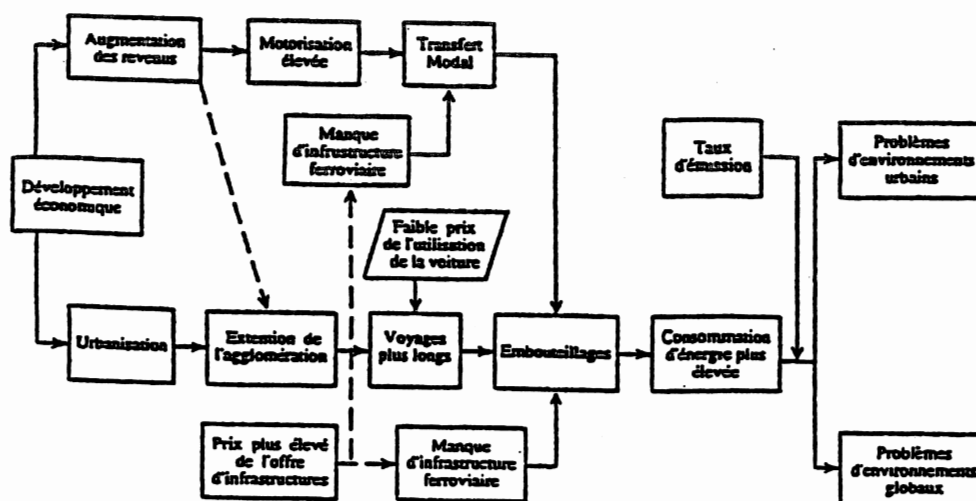
Pour chaque kilogramme de carburant consommé par un moteur de véhicule, environ trois kilogrammes de CO^2 sont rejetés dans l'atmosphère (FAIZ, 1993). Au niveau régional, les NO_x et les HC émis par les véhicules peuvent se déplacer et se transformer en polluants secondaires tels l'ozone et les aérosols. Ces polluants endommagent la végétation et provoquent la corrosion des matériels dans plusieurs pays comme la Grande-Bretagne, les Etats-Unis, l'Allemagne et la Belgique. Au niveau local, le transport est la source majeure de différents polluants comme le CO, le NO_x , les particules en suspension et le plomb. Le transport routier est ainsi responsable de plus de 80 % des émissions de CO et de 40 à 90 % des émissions totales de NO_x , dans la plupart des villes des pays développés comme en développement (FAIZ, 1993).

Les enquêtes sur la qualité de l'air dans 20 mégaloilles effectuées par l'Organisation Mondiale de la Santé mettent en évidence que chacune d'entre elles possède actuellement au moins un polluant majeur dépassant les normes établies par l'OMS. Elles suggèrent que le trafic est une source majeure de pollution de l'air dans toutes les mégaloilles (WHO, UNEP, 1992). La *Pan America Health Organization* estime que 81 millions d'habitants sont exposés à des niveaux élevés de pollution dans les zones urbaines d'Amérique Latine à cause des véhicules motorisés (LEITMANN, 1991). A Bangkok, la pollution de l'air par les véhicules motorisés augmente la mortalité annuelle de 300 à 1 400 cas supplémentaires et provoque environ 900 000 petites migraines par jour (USEPA/AID, 1990).

2.5. MÉCANISMES DE L'INFLUENCE DU TRANSPORT SUR L'ENVIRONNEMENT

Du fait du rôle important du transport dans les phénomènes d'effet de serre et de pollution de l'air, il est nécessaire de comprendre les mécanismes qui en font l'un des principaux responsables des problèmes environnementaux (Figure 5). D'une part, le développement économique provoque une croissance des revenus qui encourage la possession de l'automobile et entraîne le transfert modal du transport collectif vers le transport routier. D'autre part, le développement économique provoque l'urbanisation et l'étalement urbain. Il en résulte simultanément un accroissement de la longueur des déplacements et, du fait du décalage entre l'offre et la demande d'infrastructures de transport, la congestion et une augmentation de la consommation d'énergie. Un faible coût d'utilisation de la voiture peut également augmenter la longueur et le nombre des voyages.

Figure 5 : Impact du développement économique sur l'environnement à travers l'augmentation de la consommation d'énergie



3. DÉVELOPPEMENT SPATIAL ET PROCESSUS D'URBANISATION

3.1. LES FORMES HISTORIQUES DE DÉVELOPPEMENT DES MÉTROPOLES

3.1.1. La hiérarchie et les frontières des métropoles

Les frontières administratives de chaque métropole ont dû être modifiées de nombreuses fois pour suivre la progression continue de l'étalement urbain. En outre, la définition des frontières des zones fonctionnelles comme "le centre" ou "la région métropolitaine" diffèrent d'une étude à l'autre selon le point de vue de chaque chercheur. Cette section précise, pour les quatre villes, les différentes zones retenues dans cet article (Tableau 1 et Figure 6).

Bangkok

Les fonctions urbaines et régionales de Bangkok peuvent se diviser en quatre niveaux : le centre de Bangkok, l'aire métropolitaine de Bangkok (BMA), le Grand Bangkok (GBA) et la région métropolitaine de Bangkok (BMR). Le centre de Bangkok désigne habituellement la vieille ville incluse dans le périphérique intérieur. Elle recouvre une aire d'environ 145 km² et se caractérise par une concentration élevée à la fois d'emplois et de résidents ; elle comprend aussi la plupart des administrations et des activités économiques. La population de cette zone n'a que peu augmenté ces dernières années et a même diminué dans certains districts, en particulier dans le vieux centre urbain. L'aire métropolitaine de Bangkok (BMA) est dirigée par la *Bangkok Metropolitan Authority*. Bangkok et deux centres voisins, Nonthaburi et Samut Prakarn, forment le Grand Bangkok (GBA) dont le périmètre a été utilisé pour la planification urbaine dans les années 60.

et 80. Sa surface est de 3 195 km², pour une population de 7,2 millions d'habitants en 1990. Récemment, la région métropolitaine de Bangkok (BMR) est devenue une agglomération économique et le coeur du développement de l'ensemble du pays. La BMR comprend outre Bangkok, cinq villes. Avec une population de 8,5 millions d'habitants pour une surface de 7 762 km², elle contribue à près de la moitié du produit national (48 %).

Londres

Le Grand Londres inclut au moins trois unités, la *City* de Londres, la *Central London* et l'*Inner London*. La *City* de Londres occupe 274 hectares au coeur de l'aire centrale (*Central London*, 26 km²), qui présente la concentration en emplois la plus élevée de Grande-Bretagne. L'*Inner London* correspond à peu près à l'aire urbanisée avant 1914. Elle peut se définir de deux manières : soit par l'*Inner London Education Authority* (ILEA), soit par le *Group A Boroughs* constitué de l'ILEA plus Haringey et Newham. Remarquons que plus de données statistiques sont disponibles pour ce deuxième découpage (HALL, 1989). Le Grand Londres et la partie métropolitaine extérieure forment la région métropolitaine de Londres (RML) d'une surface de 10 624 km². Néanmoins, les statistiques concernant ce découpage ne sont plus disponibles depuis le début des années 80, ayant été remplacées par celles portant sur la Région Sud-Est. Celle-ci, avec 17,3 millions d'habitants, est la plus peuplée du pays. En 1988, elle produit 36% du produit national du Royaume Uni (SERPLAN, 1990 ; CENTRAL STATISTICS OFFICE, 1990).

Tokyo

Tokyo peut se découper en 4 zones emboîtées : le centre de Tokyo (*Central Tokyo*, CBD), les 23 Arrondissements de Tokyo (TWA), l'Aire Métropolitaine de Tokyo (TMA), la Région Métropolitaine de Tokyo (TMR). Il n'y a pas de définition précise du centre de Tokyo. Dans certaines études, il correspond aux trois arrondissements de Chiyoda, Chuo et Minato, alors que dans d'autres il inclut de plus Taito, Shinjuku, Shibuya, Bunkyo et Toshima. TWA comprend tous les centres secondaires et peut être considérée comme le coeur de la Région Métropolitaine de Tokyo. Près de 70% de la population y réside. Cette zone sera considérée ici comme le centre de la métropole de Tokyo. L'aire métropolitaine de Tokyo (TMA) est une zone administrative dirigée par le gouvernement métropolitain de Tokyo (TMG). La TMA et trois autres préfectures forment la Région Métropolitaine de Tokyo dont la surface est de 13 548 km², la population de 31,8 millions de personnes et la part dans le produit national de 25%.

Nagoya

Le découpage hiérarchique de Nagoya comprend trois zones : la partie centrale, la ville de Nagoya et la Région Métropolitaine de Nagoya. La partie

centrale (CBD), qui ne bénéficie pas d'une délimitation officielle, désigne habituellement la zone délimitée par le *Tokaido Railway*, le *Central Railway* et le périphérique proche. La ville de Nagoya et les villes situées dans un rayon de 50 km forment la Région Métropolitaine de Nagoya. Celle-ci comprend 8,4 millions de personnes en 1990, soit 6,8 % de la population nationale, et produit 10% du produit national.

Figure 6 : Les découpages hiérarchiques des métropoles

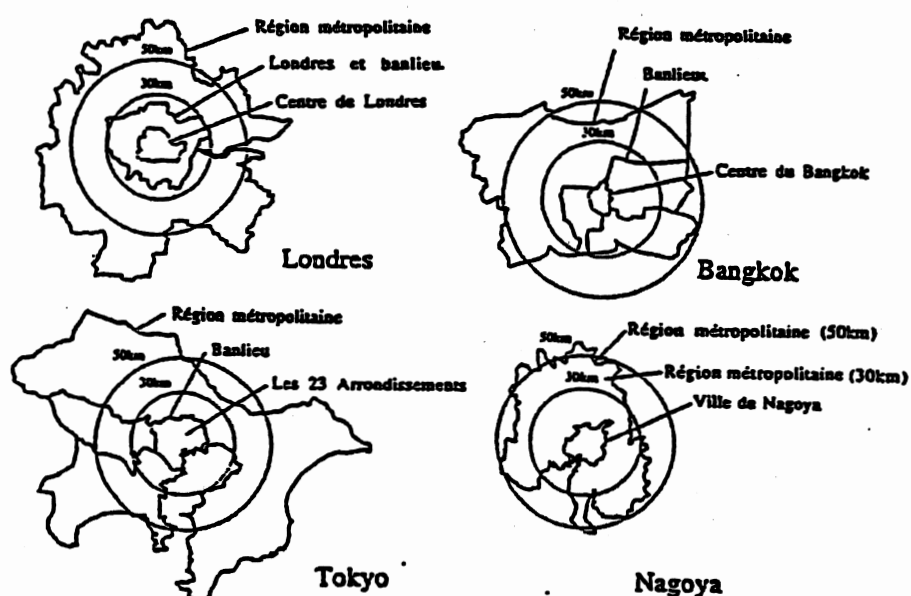


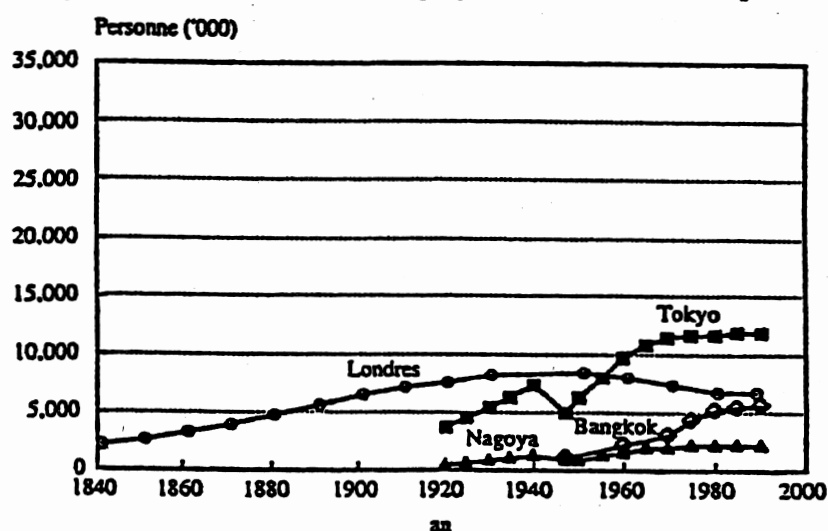
Tableau 1 : Population et superficie de chaque niveau hiérarchique (1990)

Zone	Bangkok	Londres	Tokyo	Nagoya
Centre	<i>Inner Bangkok</i>	<i>Inner London</i>	<i>Tokyo 23 Ward</i>	
- superficie (km ²)	145	302	612	
- population (million)	2,32	2,32	8,16	
- densité (hab. / km ²)	16 000	7 680	13 330	
Aire métropolitaine	<i>BMA</i>	<i>GLC</i>	<i>TMA</i>	<i>Nagoya City</i>
- superficie (km ²)	1 567	1 579	2 183	326
- population (million)	5,55	6,8	11,85	2,15
- densité (hab. / km ²)	3 540	4 300	8 605	6 595
Région métropolitaine	<i>BMR</i>	<i>LMR</i>	<i>TMR</i>	<i>NMR (50 km)</i>
- superficie (km ²)	7 762	10 624	13 548	7 325
- population (million)	8,54	12,1	31,8	8,43
- densité (hab. / km ²)	1 100	1 140	2 347	869
Autre		<i>South East</i>		<i>NMR (30 km)</i>
- superficie (km ²)		27 222		3 027
- population (million)		17,4		6,4
- densité (hab. / km ²)		640		2 110

Sources : BMA, 1986-1992 ; CENTRAL STATISTICS OFFICE, 1991

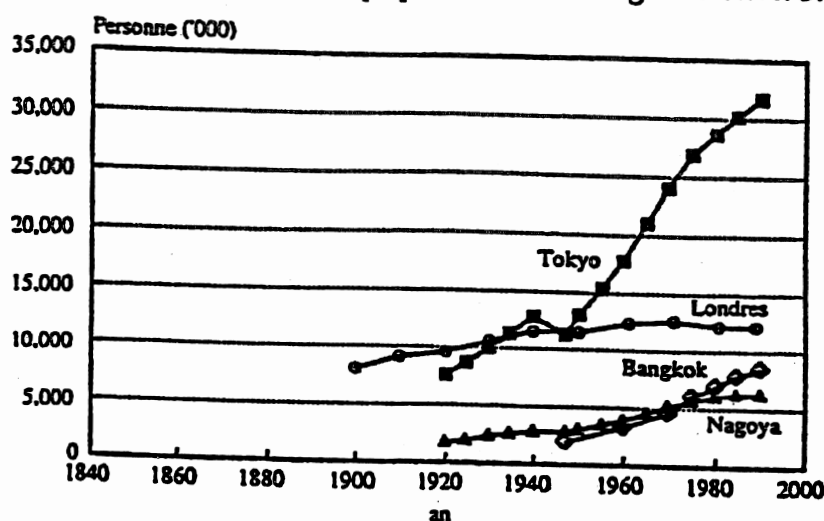
Les profils d'évolution de la population de chaque métropole et région métropolitaine sont présentés en Figures 7 et 8. La population de Londres a augmenté à un rythme de 1 à 2% pendant la deuxième moitié du 19ème siècle et la première moitié du 20ème siècle. Puis elle a commencé à diminuer, cette tendance s'inversant durant les années 80. Pour Tokyo et Nagoya, la population a augmenté rapidement après la guerre avec un taux moyen de 3 à 4 % par an. Néanmoins, l'augmentation fut plus soutenue durant la deuxième moitié des années 40 et la première moitié des années 60. A Bangkok la croissance rapide de la population a été continue des années 50 jusqu'à la fin des années 70, présentant durant cette période un taux de croissance proche de celui de Tokyo après-guerre. Actuellement, les populations de toutes ces métropoles sont stables ou en augmentation légère. Par contre, les populations totales des régions métropolitaines augmentent considérablement, à un taux plus de deux fois supérieur à celui des métropoles correspondantes. Ceci implique que la croissance de la population profite principalement à la périphérie (voir 3.3.).

Figure 7 : Evolution de la population des métropoles



Sources : MITCHELL, 1971 ; NAGOYA CITY, 1986 ; NAGOYA CITY, 1992 ;
NATIONAL STATISTICAL OFFICE, 1971-1975-1980-1985-1991 ;
STATISTICS BUREAU, sd

Figure 8 : Evolution de la population des régions environnantes



Sources : MITCHELL, 1971 ; NAGOYA CITY, 1986 ; NAGOYA CITY, 1992 ;
NATIONAL STATISTICAL OFFICE, 1971-1975-1980-1985-1991 ;
STATISTICS BUREAU, sd

3.1.2. Les formes du développement spatial et l'offre d'infrastructures de transport

Bangkok

Au début de son développement, Bangkok s'est étendu en priorité aux environs du palais et le long des canaux et rivières qui, à cette époque, constituaient le principal moyen de transport. Il a fallu attendre le début du 20ème siècle pour que l'agglomération s'étende dans les zones desservies par le réseau routier, qui a commencé à se développer à la fin du 19ème siècle. Du fait de la croissance de la population et des améliorations des moyens de transport, la superficie de l'agglomération est passée de 13 km² en 1900 à 43 en 1936 et 67 en 1953. Le développement urbain le long des routes est le modèle de développement de Bangkok à cette période.

Les dépenses élevées en infrastructures de transport et la croissance économique intervenues durant la seconde partie de ce siècle (spécialement depuis les années 60) a généré des migrations et augmenté l'étalement urbain. L'agglomération s'est rapidement étalée jusqu'aux cités environnantes. Le développement le long des axes routiers principaux s'est manifesté clairement. Entre 1971 et 1984, la surface de l'agglomération de Bangkok a été multipliée par cinq, passant de 184 km² à 855 km².

Londres

Durant les premières étapes de son développement dans les années 1900, l'agglomération de Londres s'est seulement étalée d'une distance

correspondant à la "distance de marche". Toutefois, l'amélioration du système de transport collectif dès la première partie du 19ème siècle a permis un allongement des distances. L'introduction du chemin de fer à vapeur au milieu du 19ème siècle a permis un accès plus facile à des zones situées jusqu'à 24 km du centre-ville. Mais le développement s'est fait principalement autour des gares, du fait de la distance élevée entre stations et du manque de services de rabattement. Le développement des trains électriques, du métro et des bus a encouragé l'étalement urbain dans toutes les directions. La zone urbanisée a beaucoup augmenté durant la première moitié du 20ème siècle. Afin de contrôler l'étalement urbain, une ceinture verte a été mise en place en 1938 à une distance de 24 km autour du centre. L'étalement s'est arrêté mais le développement s'est poursuivi au delà de la ceinture verte.

Tokyo

De la même manière qu'à Londres, des améliorations de la desserte ferroviaire suburbaine à la fin des années 20 ont entraîné un développement périurbain concentré principalement autour des gares et le long de la route reliant Tokyo à Yokohama. Pendant les années 50, l'agglomération de Tokyo et celle de Yokohama se sont rejointes, alors que l'agglomération de Tokyo couvrait presque l'ensemble de la zone des 23 arrondissements (TWA). La croissance autour des gares périphériques s'est propagée le long des lignes, rejoignant les extensions issues du centre à partir des années 60. Actuellement, Tokyo s'étend jusqu'à 50 km du centre et atteint même, le long des lignes ferroviaires, les préfectures de Chiba et de Saitama.

Nagoya

Jusque dans les années 20, l'agglomération de Nagoya s'est étalée principalement le long de la ligne du Tokaido. Du fait de l'introduction d'un zoning, l'agglomération s'est ensuite étendue dans toutes les directions. Pendant la deuxième guerre mondiale, près du quart de la ville fut détruit. L'agglomération et la population ont augmenté considérablement durant les années 50, essentiellement au sein des limites de la ville. Depuis les années 60, l'accroissement de la population et de l'aire urbanisée s'est fait principalement aux environs de Nagoya.

L'examen des formes de développement des agglomérations suggère que l'offre en infrastructures de transport en est un déterminant majeur. L'introduction du chemin de fer contribue au développement des zones proches des gares tandis que le développement des axes routiers génère habituellement un développement en bordure des routes.

Observons les différences dans les formes de croissance des métropoles. A Londres, l'aire urbanisée a augmenté rapidement durant la première moitié du

20ème siècle, tant dans la zone métropolitaine que dans les zones périphériques. Dans les cas de Tokyo et de Nagoya, la forme de développement spatial est proche de celle de Londres, le rythme en périphérie étant toutefois plus soutenu dans la deuxième moitié du siècle. En outre, ce développement spatial périphérique est apparu principalement le long des axes de transport les mieux dotés, en particulier le long des axes ferroviaires. Pour Bangkok, la forte croissance de l'agglomération, qui intervint durant la seconde moitié du siècle, a reposé sur un développement en bordure des routes. Cet usage du sol inefficace résulte du faible contrôle des localisations, d'un manque d'infrastructures ferroviaires et d'une distribution inadéquate des routes locales.

3.2. LA MESURE DU DÉVELOPPEMENT SPATIAL

Comme la seule cartographie des évolutions des agglomérations ne donne pas d'informations précises sur la vitesse et le degré du développement spatial, nous introduisons les indices de rayon urbain r_0 , r_1 et r_1' pour mesurer ce processus.

$$r_0 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n a_i}{\pi}}$$

$$r_1 = \frac{\sum_{i=1}^n a_i r_i}{\sum_{i=1}^n a_i}$$

$$r_1' = 2/3 \times r_0$$

où a_i = surface de l'aire urbanisée A_i
 r_i = distance entre A_i et le centre de la ville
 n = nombre d'aires urbanisées dans l'aire métropolitaine.

L'indice r_0 représente l'étendue du développement spatial, en supposant que l'ensemble de l'aire urbanisée est assimilable à un cercle, tandis que r_1 représente la distance radiale moyenne entre les différentes aires urbanisées et le centre ville. L'indice r_1' représente le rayon r_1 si l'aire urbanisée croît en forme de cercle avec un rayon r_0 . La différence entre r_1 et r_1' illustre le degré de développement et d'étalement radial de l'agglomération. Plus r_0 est grand, plus grande est l'agglomération, et plus r_1 est grand, plus l'agglomération s'étale.

Les Figures 9 et 10 montrent la croissance de l'aire urbanisée au sein des régions métropolitaines, exprimée par r_0 , r_1 et r_1' . Elle est stable à Londres alors qu'elle est rapide à Tokyo et Bangkok, respectivement dès les années 60 et 70. La taille actuelle de l'aire urbanisée à Tokyo est proche de celle de

Londres. Bien que l'aire administrative de Bangkok soit plus grande que celle de Nagoya, leurs surfaces urbanisées sont relativement proches, ce qui indique qu'une grande partie de Bangkok n'est pas encore développée.

Figure 9 : Evolution de l'indice r_0

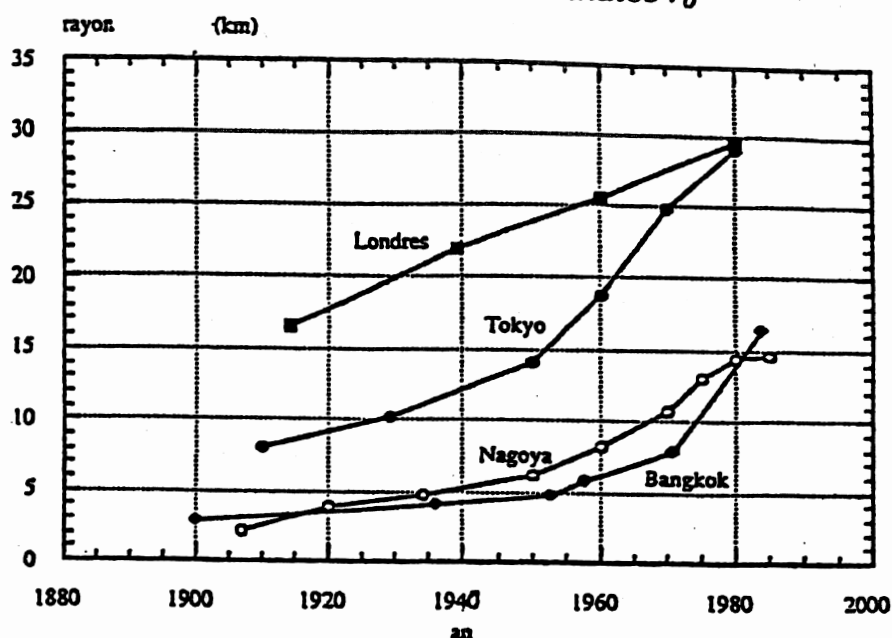
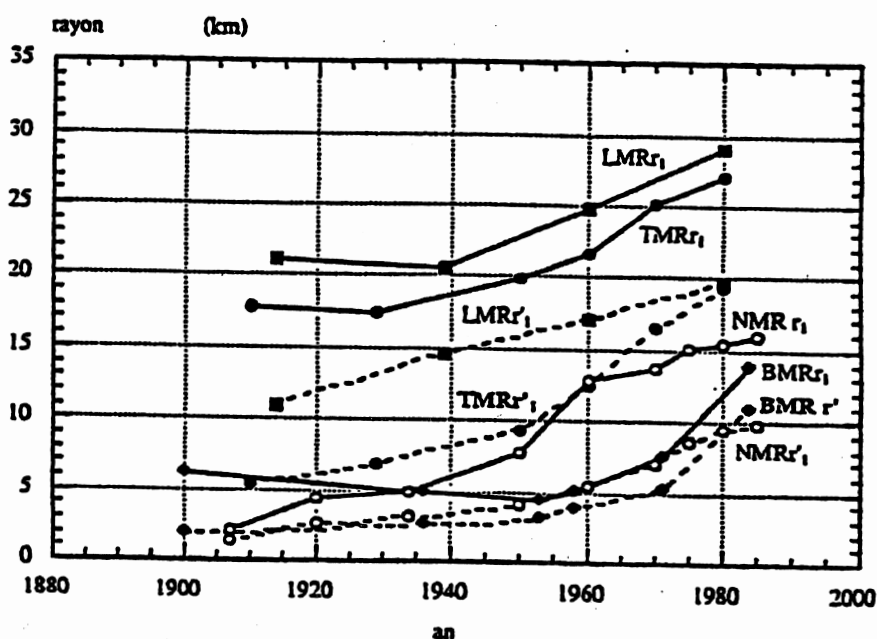


Figure 10 : Evolution des indices r_1 et r_1'



En revanche, la valeur de r_1 pour Bangkok a diminué pendant la première moitié du siècle tandis que la différence entre r_1 et r_1' se réduisait. Ceci signifie que la croissance de l'aire urbanisée était continue et concentrée dans la ville centre (Bangkok). Dans la seconde moitié du siècle, l'urbanisation s'est rapidement accrue et l'aire urbanisée a augmenté, au profit notamment des zones périphériques (écart important entre r_1 et r_1').

A Londres, r_1 a diminué doucement après que l'étalement urbain ait été maîtrisé par l'introduction du *Restriction of Ribbon Development Act 1935* et du *Green Belt Act 1938*. Néanmoins, quand le développement s'est manifesté au delà de la ceinture verte, la valeur de r_1 a augmenté à un taux plus élevé que r_1' . Ceci indique que tant l'éclatement que l'étalement urbain ont augmenté.

L'écart élevé entre r_1 et r_1' à Tokyo au début du siècle montre l'importance de la dispersion dans la région métropolitaine. Néanmoins, cet écart a diminué de manière continue jusque dans les années 60. La croissance rapide de r_1 et de r_1' depuis les années 50 signifie un étalement urbain continu et rapide de l'agglomération plutôt qu'une croissance éclatée.

La croissance de Nagoya diffère tout à fait de celle des autres métropoles. L'écart entre r_1 et r_1' s'est accru dès le début du développement urbain. Ceci s'explique par le fait que, contrairement aux autres métropoles, la croissance est moins concentrée à Nagoya du fait que la région n'est pas dominée économiquement par une seule ville.

Outre les phénomènes mentionnés ci-dessus, nos principales conclusions sont :

- Le degré de l'étalement urbain et l'éclatement semblent être plutôt bas à Bangkok où la croissance rapide a pris la forme d'une expansion urbaine continue et d'un développement le long des axes routiers principaux sans pour autant être éparpillée.
- Bien que Tokyo et Londres aient le même r_1' , le rayon r_1 était supérieur à Londres, ce qui indique un plus grand développement périurbain. Ceci peut s'expliquer par le fait que la croissance s'est surtout déployée au delà de la ceinture verte.
- Le calcul des évolutions de r_1 montre qu'actuellement l'agglomération de Bangkok s'étend de 0,5 km par an, soit plus du double de l'étalement annuel de Londres et de Tokyo et le triple de celui de Nagoya (Tableau 2).

Tableau 2 : Taux de croissance de l'indice de développement r_1

Métropole	Période	Croissance de r_1 (km/an)	Par rapport à Bangkok
Bangkok	1971-84	0,49	1 : 1,0
Londres	1960-80	0,22	1 : 2,2
Tokyo	1970-80	0,19	1 : 2,6
Nagoya	1970-85	0,15	1 : 3,3

3.3. LES ÉTAPES DE L'URBANISATION DES MÉTROPOLES

3.3.1. Les cycles d'urbanisation

La différence dans les modèles de développement spatial des métropoles dépend de l'étape d'urbanisation dans laquelle elles se trouvent. Dans la plupart des études sur la croissance urbaine, l'étape d'urbanisation est appréhendée à partir du pourcentage de la population dans l'aire urbaine ou du pourcentage de la population urbaine de la ville. Un pourcentage élevé signifie un niveau élevé d'urbanisation. Toutefois comme cet article ne s'intéresse pas seulement à la population urbaine mais aussi à la dynamique de sa croissance et que la plus grande part de la population des métropoles sélectionnées est située dans des aires urbaines, nous utiliserons la typologie de KLAASSEN (1981), qui identifie quatre étapes, selon les taux de croissance de la population au centre de l'agglomération et en périphérie. Ces étapes sont les suivantes :

1. l'urbanisation : l'étape durant laquelle la croissance de la population se concentre principalement dans la ville centre.
2. la périurbanisation (ou suburbanisation) : à cette étape, la croissance de la population est plus élevée en périphérie qu'au centre, celui-ci pouvant même connaître un déclin.
3. la désurbanisation : la population totale de l'agglomération diminue à cause d'une perte de population dans le centre supérieure aux gains de population en périphérie.
4. la réurbanisation : à cette étape, l'agglomération perd toujours de la population mais la perte est moins importante au centre qu'en périphérie, ou bien le centre présente un regain d'attraction tandis que la périphérie décline.

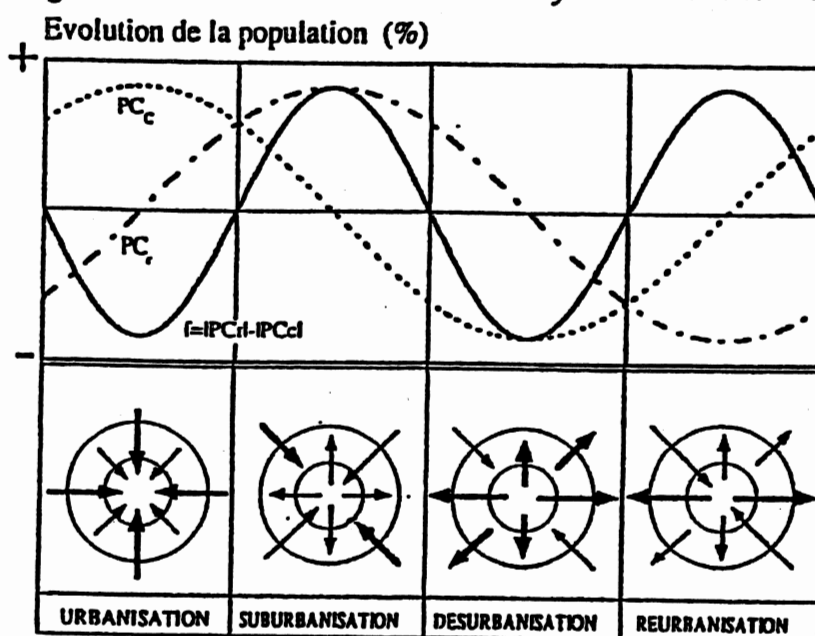
Dans le cadre de cette typologie, l'utilisation du volume de croissance de la population n'est pas satisfaisante lorsque la taille ou la population diffèrent beaucoup entre le centre et la périphérie. Afin d'atténuer l'influence de la surface de la zone considérée, nous utilisons donc ici le taux de croissance de la population comme indicateur de l'étape d'urbanisation. De plus l'indice f suivant est introduit pour identifier l'étape d'urbanisation (HAYASHI *et al.*, 1991).

$$f = |PC_p| - |PC_c|$$

où PC_p = taux de croissance de la population en périphérie ;
 PC_c = taux de croissance de la population au centre.

Selon l'équation ci-dessus, le processus d'urbanisation peut s'exprimer par le changement de valeur de l'indice f (Figure 11) qui varie selon le cycle suivant : $(-) \rightarrow (+) \rightarrow (-) \rightarrow (+)$. Il convient toutefois de remarquer que cet indice ne donne aucune information sur la période exacte du déclin de l'agglomération.

Figure 11 : Modèle schématisé du cycle d'urbanisation



Nous considérons ici l'agglomération comme l'espace couvrant l'aire métropolitaine et les villes environnantes, qui émettent de l'ordre de 5 à 10 % de toutes les migrations alternantes vers la métropole. Selon cette définition, les limites d'agglomération de chaque métropole comprenant le centre et la périphérie sont présentées dans le Tableau 3.

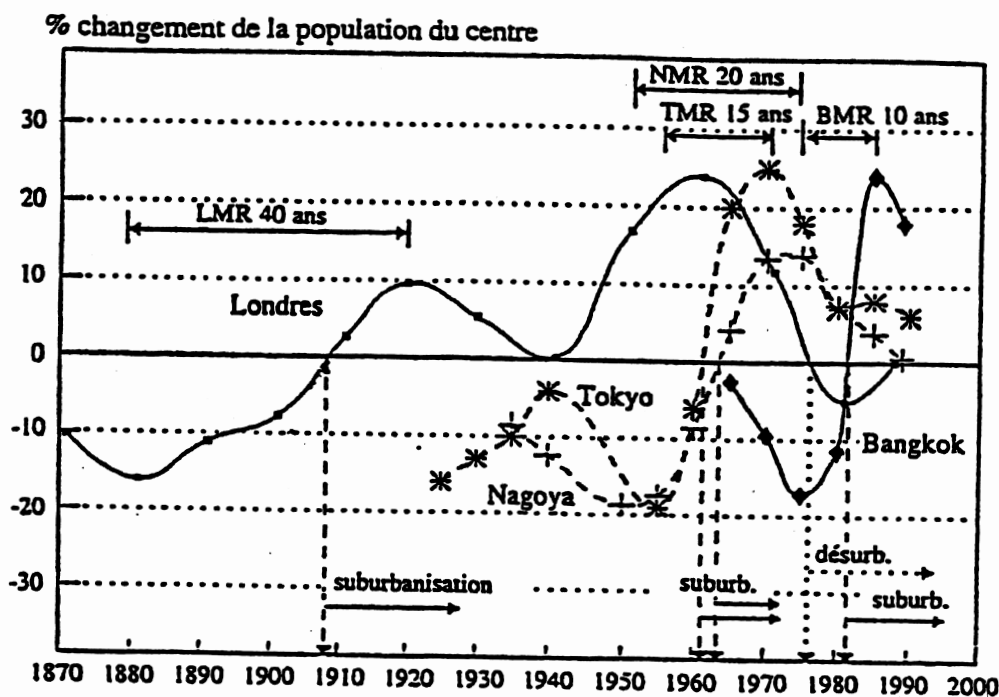
Tableau 3 : Définition du centre et des alentours des métropoles

Métropoles	Agglomération	Centre	Périphérie
Londres	Région Métropolitaine de Londres (LMR)	Grand Londres	Le reste de la LMR
Tokyo	Région Métropolitaine de Tokyo (TMR)	Tokyo 23 Arrondis. (TWA)	Tama et le reste de la TMR
Nagoya	Région Métropolitaine de Nagoya (NMR) (rayon de 30 km)	Nagoya	Les villes dans un rayon de 30 km du centre de Nagoya
Bangkok	Région métropolitaine de Bangkok (BMR)	Bangkok hors districts de faible densité (- de 1000 hab./km ²)	Le reste de la BMR

3.3.2. IDENTIFICATION DE L'ÉTAPE D'URBANISATION DES MÉTROPOLES

D'après l'indice f , le cycle d'urbanisation de chaque métropole peut se représenter comme en Figure 12. Ces cycles se basent sur les pourcentages de croissance de la population au centre et en périphérie pour des périodes de 5 ans (10 ans pour Londres). La Figure montre que Londres est entrée en phase de périurbanisation à la fin des années 1900. Elle est passée à l'étape de la désurbanisation dans les années 70, ce qui correspond au fait que la population de la Région Métropolitaine de Londres a diminué à partir des années 1970. Plus récemment, il semble que Londres est en train de revenir à l'étape de l'urbanisation, les populations du Grand Londres et de la Région augmentant.

Figure 12 : Les étapes de l'urbanisation des métropoles



Tokyo a connu la phase de périurbanisation au début des années 60. Actuellement, elle se trouve toujours dans cette phase mais la croissance de sa population est relativement faible. L'urbanisation à Nagoya, qui subit la périurbanisation depuis les années 60, est très proche de celle de Tokyo, mais sans connaître toutefois de diminution de sa population.

L'étape de périurbanisation a débuté à Bangkok au début des années 80. Ceci indiquerait que Bangkok est la plus jeune métropole du point de vue du processus d'urbanisation. Le cycle d'urbanisation de Bangkok est similaire à celui de Tokyo mais la courbe est plus raide. Si l'on compare le moment où les métropoles passent de l'étape d'urbanisation à celle de périurbanisation, on peut s'apercevoir que Bangkok a 80 ans de retard sur Londres et environ 20 ans sur Tokyo et Nagoya.

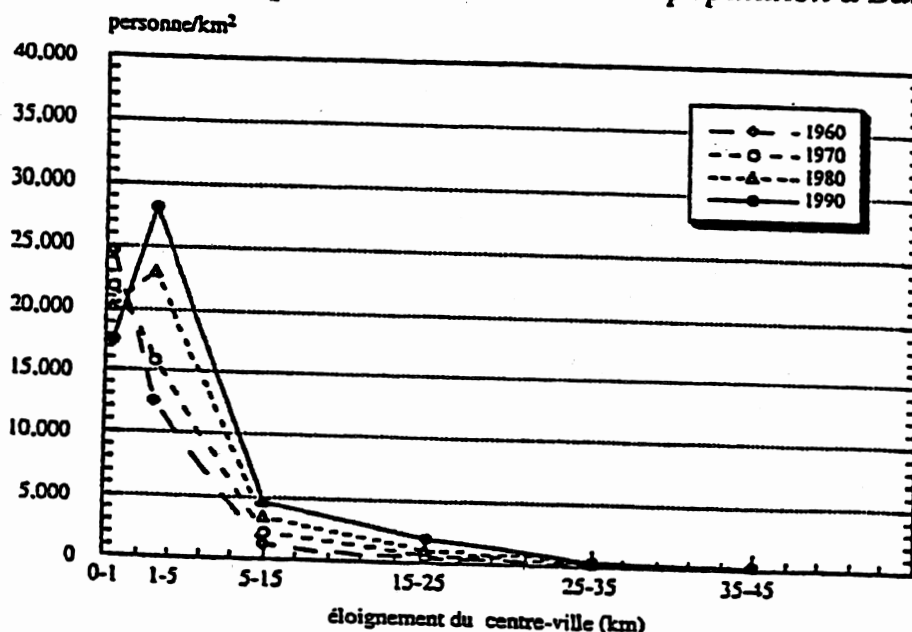
En outre, les cycles d'urbanisation montrent que 40 ans séparent le sommet de l'étape d'urbanisation et celui de l'étape de périurbanisation pour Londres alors que l'écart est de 20 ans pour Nagoya, de 15 ans pour Tokyo et seulement de 10 ans pour Bangkok. Ceci signifie que la vitesse du cycle d'urbanisation de Bangkok est 1,5 fois plus élevée que celle de Tokyo, 2 fois supérieure à celle de Nagoya et quatre fois plus rapide que celle de Londres. Autrement dit, l'évolution de Bangkok s'est faite plus rapidement. La croissance rapide de la population et le cycle rapide d'urbanisation sont les principales causes des problèmes d'infrastructures à Bangkok. Ceci résulte du fait que le modèle de développement ne permet pas l'adéquation entre l'offre d'infrastructure et la demande.

La comparaison des Figures 9, 10 et 12 montre que la plupart des métropoles ont subi d'importantes évolutions spatiales durant l'étape de périurbanisation. Toutefois, entre ces métropoles, le modèle spatial de développement diffère. A Londres, la population et l'emploi furent décentralisés selon le *Greater London Plan* tandis qu'à Tokyo et à Bangkok, seule la population s'est développée en périphérie, provoquant une occupation des sols inefficace et un déséquilibre entre population et emplois comme nous allons maintenant le voir.

3.4. LA DENSITÉ SPATIALE DES EMPLOIS ET DE LA POPULATION

Nous nous intéressons ici à la croissance de la densité tant des emplois que de la population. La Figure 13 montre les modifications de la densité de population selon la distance au centre ville dans le Grand Bangkok (GBA) sur la période 1960-1990.

Figure 13 : Dynamique de la croissance de la population à Bangkok

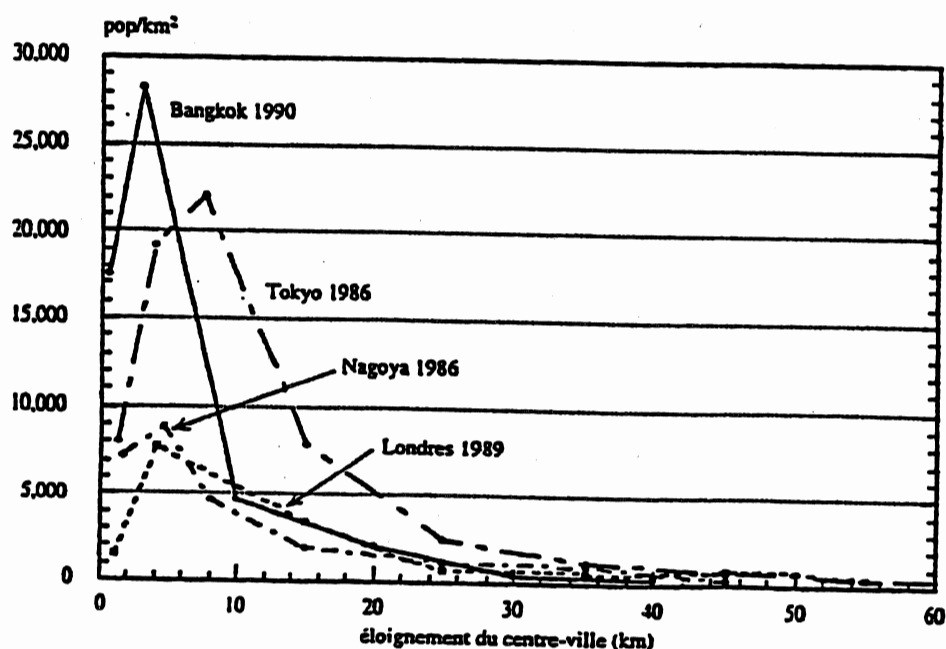


Dans les années 60, le centre ville présentait la plus grande densité de population, ce qui correspond au modèle de développement de villes européennes telles que Munich et Lyon. La densité diminuait avec l'augmentation de la distance au centre. Néanmoins, du fait du développement économique, la population a décliné en centre ville au profit des zones suburbaines, tout, particulièrement celles situées à moins de 5 km du centre. La concentration maximale de la population s'est ainsi déplacée dans une couronne située à une distance du centre comprise entre 1 et 5 km. On retrouve cette diminution de la population du centre ville dans les trois autres métropoles. Pour Tokyo et Nagoya, ce phénomène est intervenu respectivement dans les années 1955 et 1960. En ce qui concerne Londres, la diminution s'est amorcée dès les années 1850, la densité passant de 47 000 personne par km² en 1851 à 41 000 en 1861 et à 1 600 seulement en 1989.

La Figure 14 montre le profil de la densité de population selon la distance au centre, ce qui nous amène aux remarques suivantes :

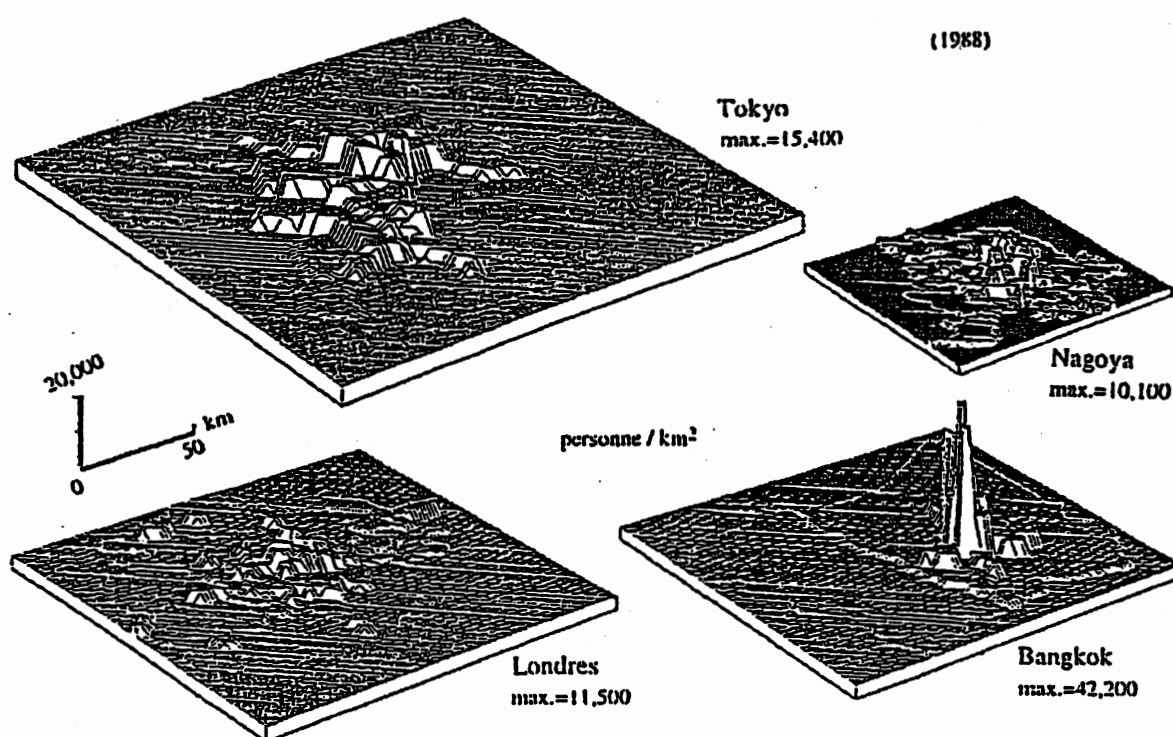
- Dans toutes les métropoles, la densité de population maximale se trouve à une certaine distance du centre ville.
- Tokyo possède des densités élevées sur une aire importante. Alors que dans les autres métropoles, une densité de 5 000 habitants/km² n'existe qu'à moins de 10 km du centre ville, on la retrouve jusqu'à 20 km du centre de Tokyo.

Figure 14 : Evolution de la densité de population en fonction de la distance au centre ville



- Bangkok est la métropole la plus centralisée en termes de distribution de population. Sa densité maximale est environ 1,3 plus élevée que celle de Tokyo et à peu près 3 fois plus élevée que celles de Londres et de Nagoya. Mais, après ce pic, la densité diminue très rapidement avec l'augmentation de la distance au centre ville. Les différences de densité de population apparaissent plus nettement encore sur la Figure 15 qui illustre bien l'extrême concentration de population dans le centre de Bangkok.

Figure 15 : Représentation en trois dimensions des densités de population (1988)



La Figure 16 représente les densités d'emplois selon la distance au centre pour chacune des métropoles. Les profils de ces distributions sont différents de ceux des distributions de population. La densité maximale d'emplois se trouve dans le centre ville pour toutes les métropoles. La Figure montre aussi l'existence d'une concentration élevée d'emplois dans les centres de Londres et de Tokyo dont l'économie dépend largement du secteur tertiaire. Londres présente la plus forte densité d'emplois en centre ville, 1,5 fois plus qu'à Tokyo (Chiyoda-ku) et à peu près trois fois plus qu'à Bangkok ou Nagoya.

Par contre, la Figure 17, qui représente la densité d'emplois par district en trois dimensions, suggère que la densité maximum d'emplois de Bangkok est aussi élevée que celle de Tokyo. Ces formes différenciées s'expliquent par le développement polycentrique et l'occupation multisectorielle des sols à Bangkok. Le centre des affaires ne s'y trouve pas à proximité des centres

administratifs mais au coeur de quartiers résidentiels. Cette forme de développement peut réduire la longueur des parcours si les résidents correspondent à ce type d'emplois, mais dans le cas contraire, les problèmes de transport risquent d'être aggravés.

Figure 16 : Evolution de la densité d'emploi, selon la distance au centre ville

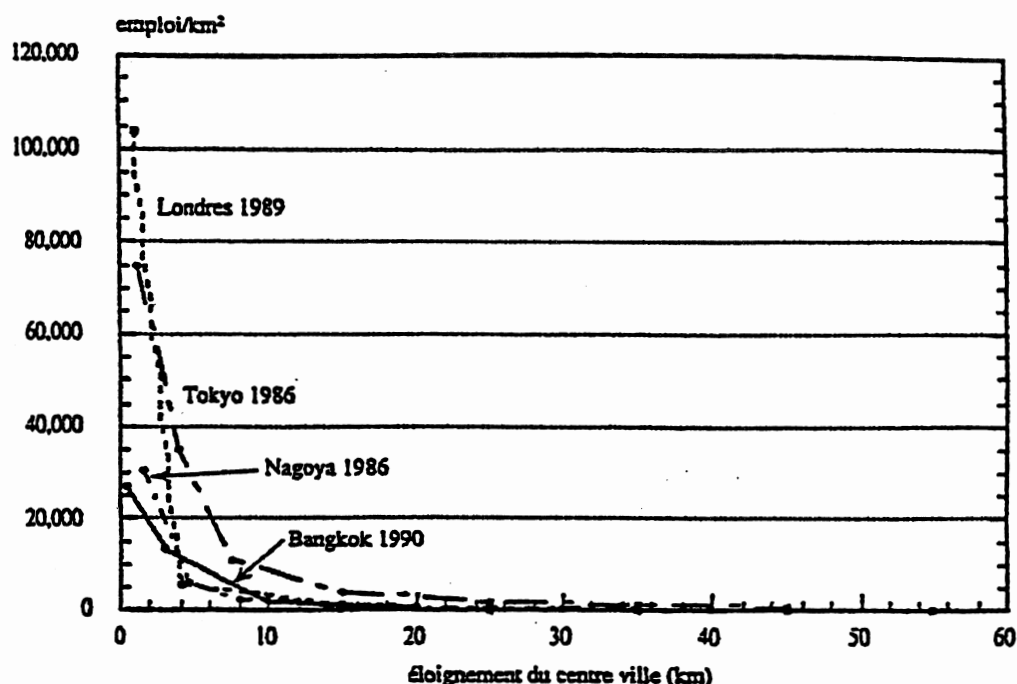
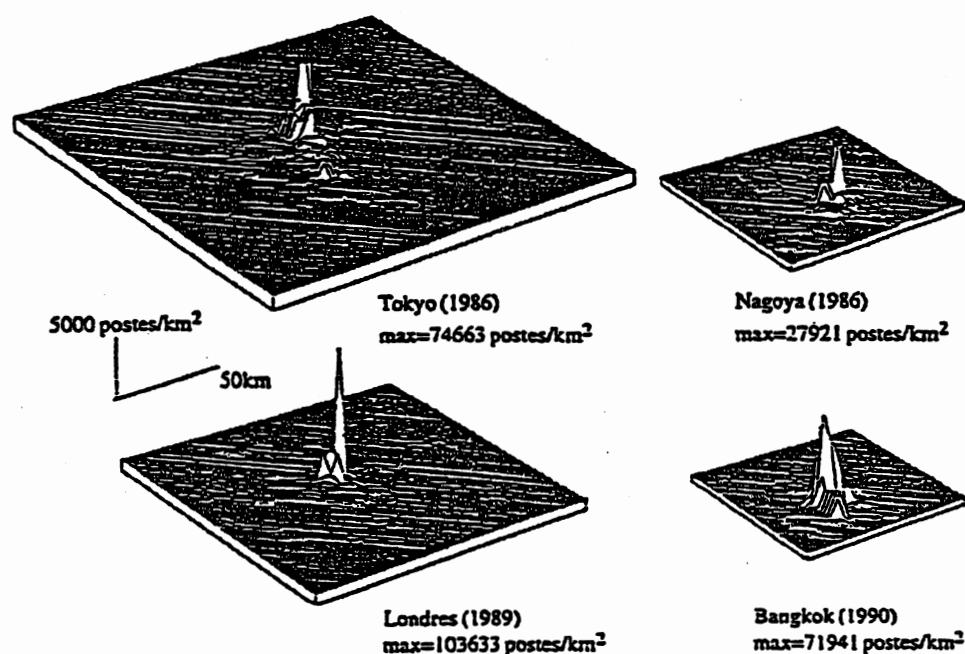


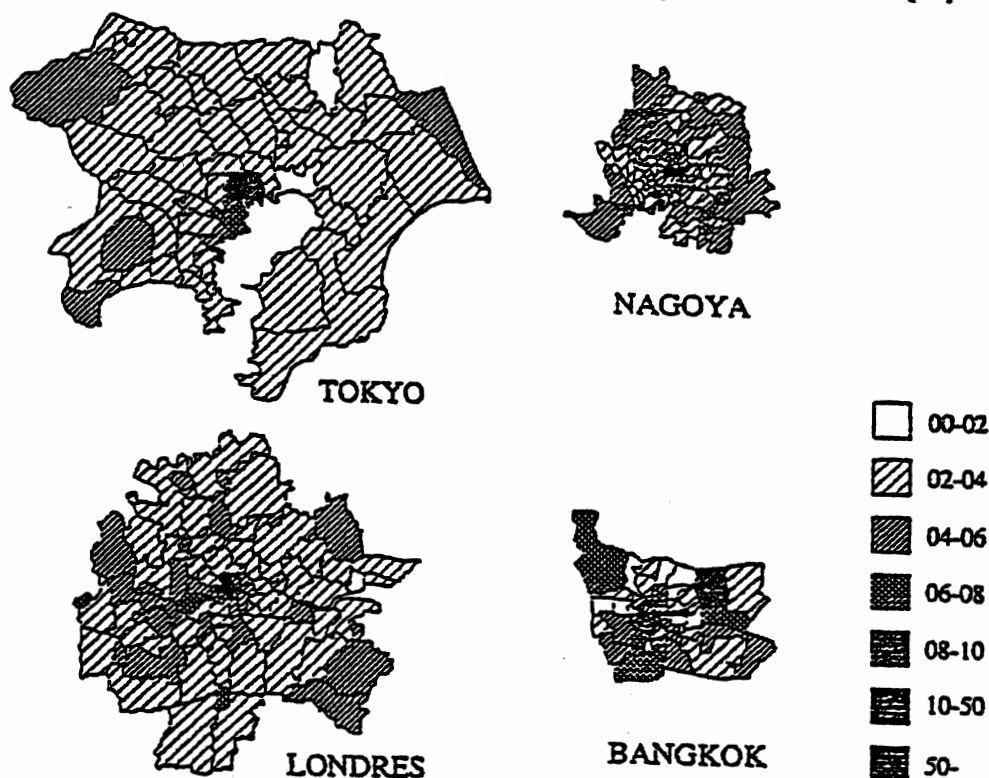
Figure 17 : Représentation en trois dimensions des densités d'emplois



Le rapport du nombre d'emplois à la population est l'un des indicateurs représentant la soutenabilité du développement spatial. La Figure 18 représente ce rapport exprimé par district. Alors qu'à Nagoya il est proche

d'une situation d'équilibre, les situations de Tokyo et Bangkok montrent un clair déséquilibre. A Tokyo, le rapport est inférieur à 0,4 dans la plupart des zones périphériques, signe d'une centralisation des emplois. Ce type de développement favorise les longs déplacements. Selon l'enquête Transport de 1985, 60 % des actifs qui se rendent dans les trois arrondissements les plus centraux passent plus d'une heure dans les transports pour aller au travail (TMG, 1991), alors qu'ils sont moins de 40% à Londres (JOHNSON, NASH, 1982).

Figure 18 : Comparaison du rapport densité d'emplois/densité de population



Dans le cas de Bangkok, le rapport varie beaucoup selon les districts. Néanmoins, les deux Figures précédentes ont montré que les emplois y sont également centralisés. La concentration simultanée de la population et des emplois dans le centre favorise certes les déplacements courts mais provoque aussi simultanément, du fait d'une densité d'activité très élevée, de nombreux problèmes urbains comme des besoins en d'infrastructures non satisfaits, de la congestion et des émissions de polluants très intenses.