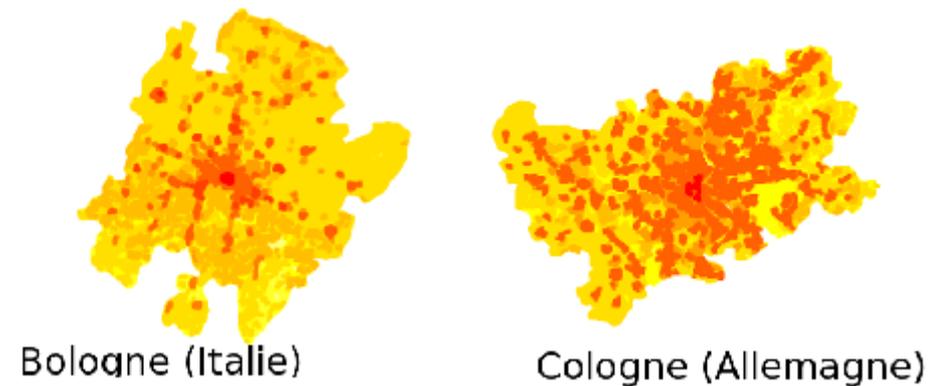


Florent Le Néchet
florent.lenechet@univ-mlv.fr

Université Paris-Est Marne-la-Vallée
Laboratoire Ville, Mobilité, Transport

CIREN – 16 Octobre 2012



Formes urbaines et consommation d'énergie liée au transport : une comparaison de métropoles européennes

Densité et énergie

- Complexité du système urbain ;
Boucles de rétroaction
(Wegener & Fürst, 1996)

- Trois sous-systèmes imbriqués
(Bonnafous, 1996)
 - Activités
 - Transport
 - Localisation

Le triangle de Brotchie (1984) des interactions entre transport et urbanisme.

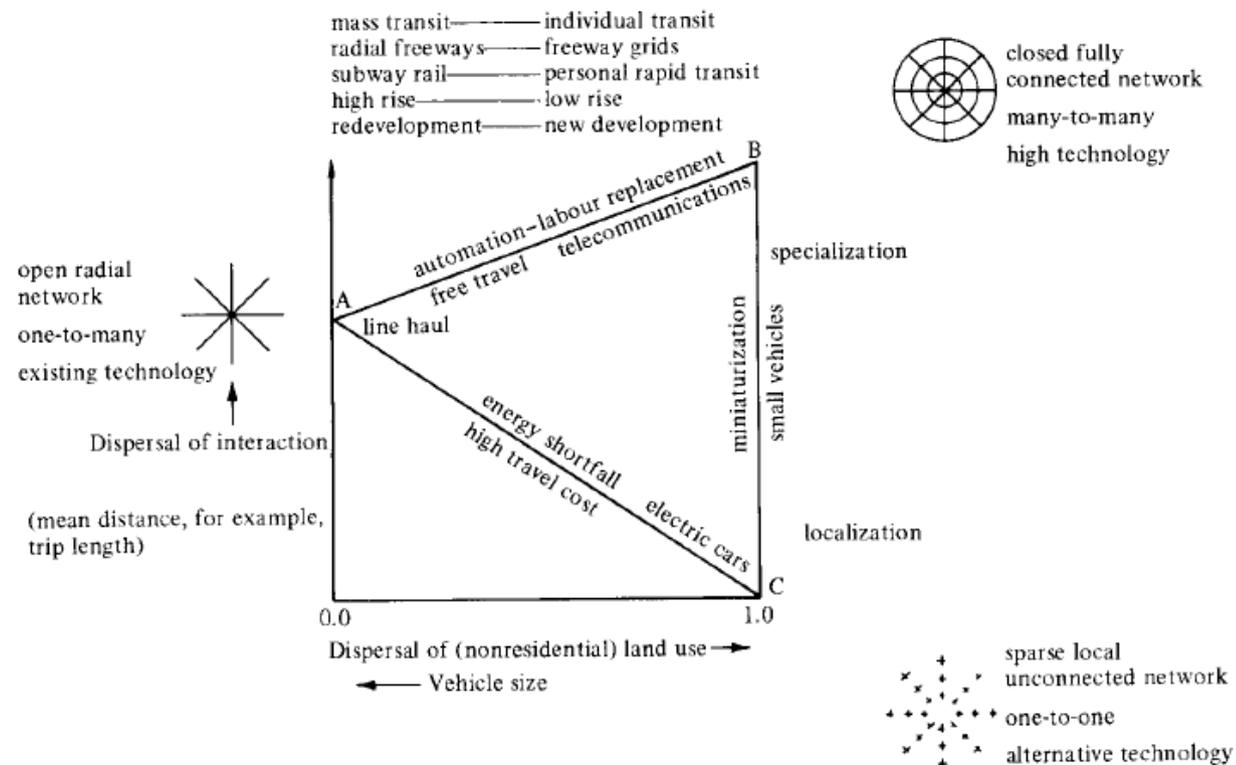
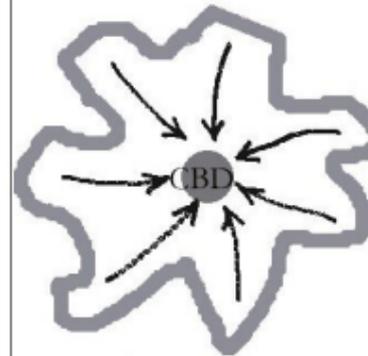


Figure 3. The triangle ABC of feasible land-use/transport interaction space and its technological interpretations—for networks, vehicles, telecommunications, automation, energy costs, and associated infrastructure and building.

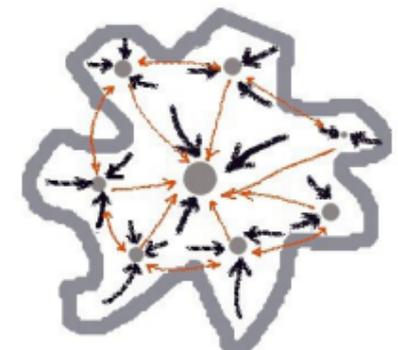
Evolutions de la mobilité quotidienne

- Déconnexion entre lieu d'habitat et lieu d'emploi
- Usage extensif de l'automobile
- Diffusion spatiale et temporelle de la demande de déplacement

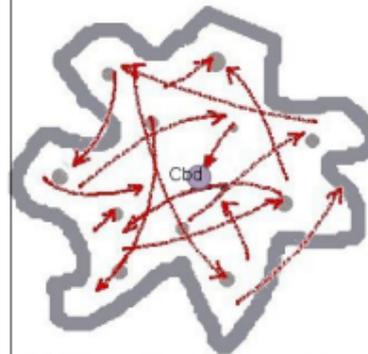
Schematic Representation of Trips Patterns
Within a Metropolitan Area



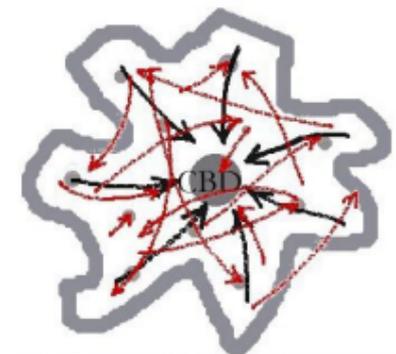
(a) The monocentric model



(b) The polycentric model:
The urban village version



(c) The polycentric model:
The random movement version



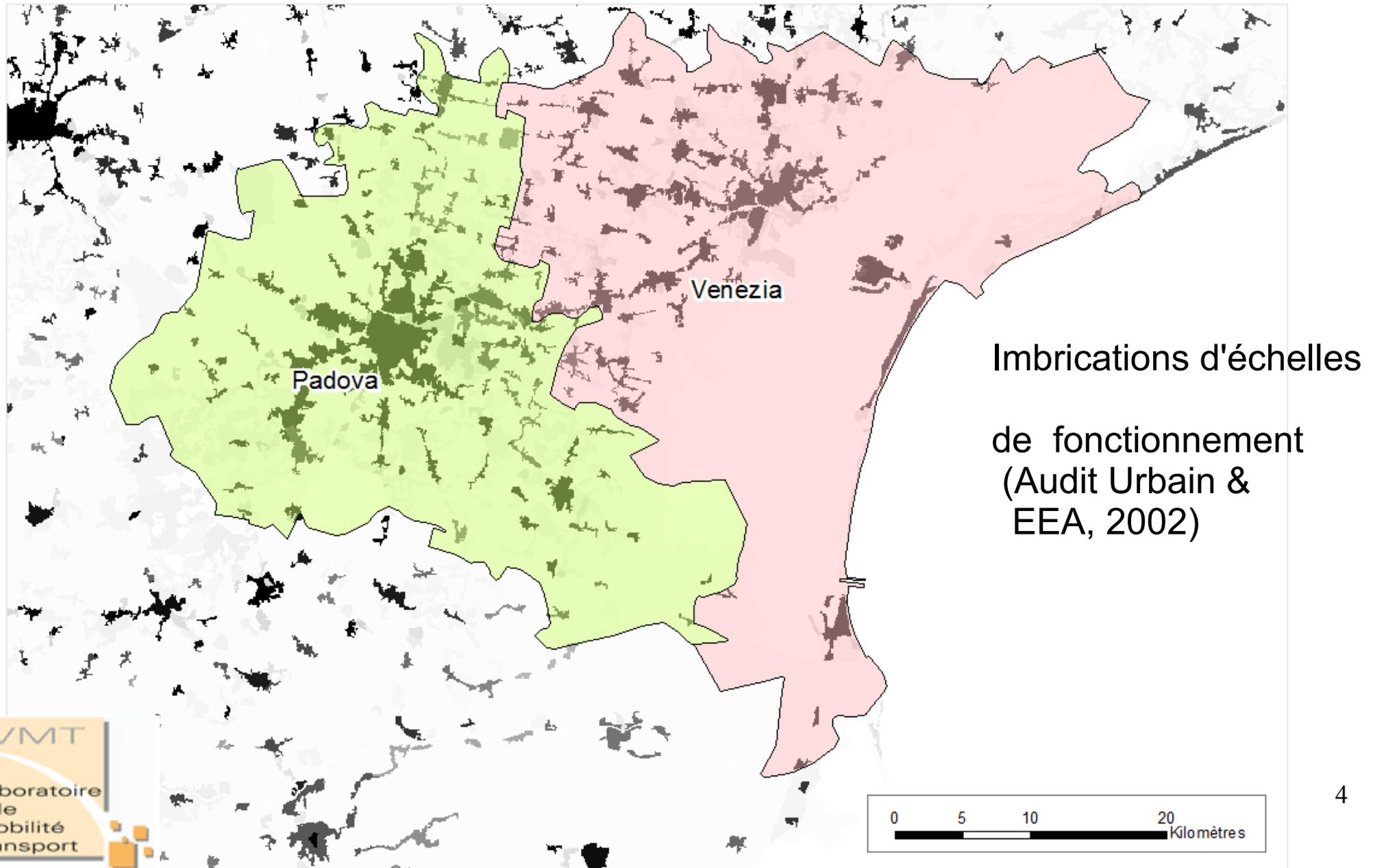
(d) The mono-polycentric model:
Simultaneous radial
and random movements

— weak links
— strong links

Urban_models2.ppt

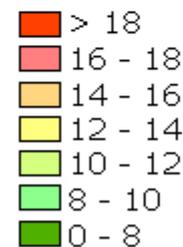
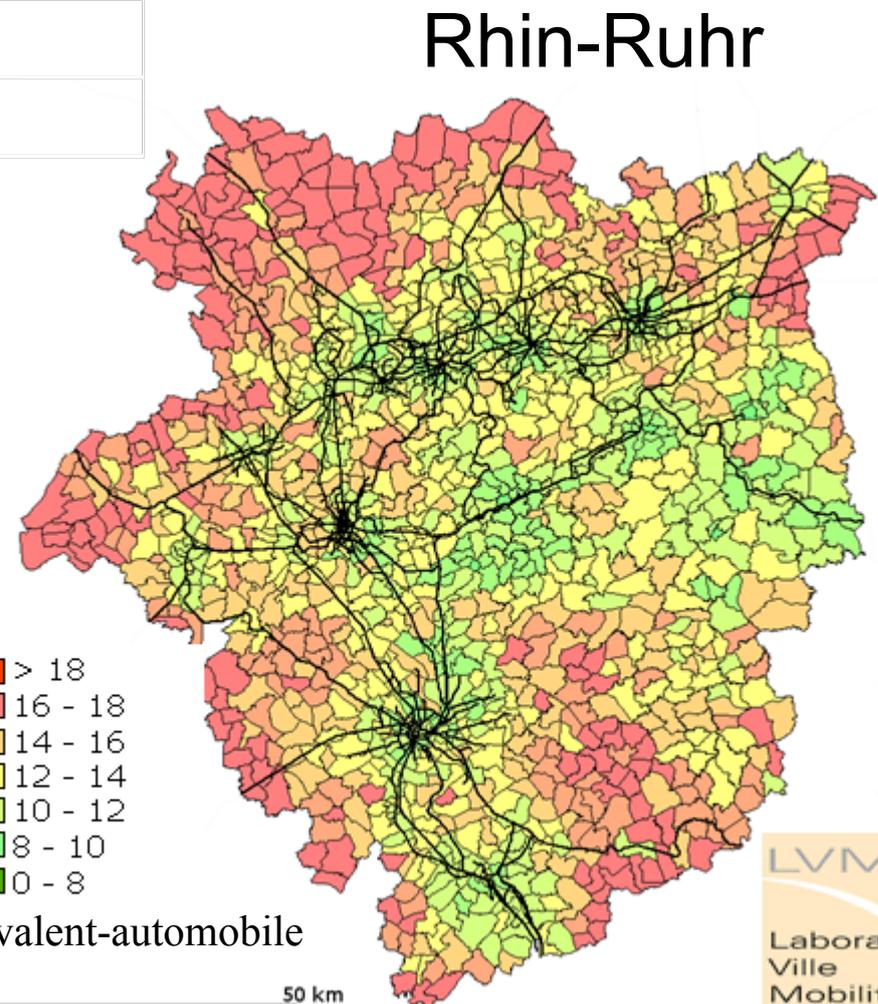
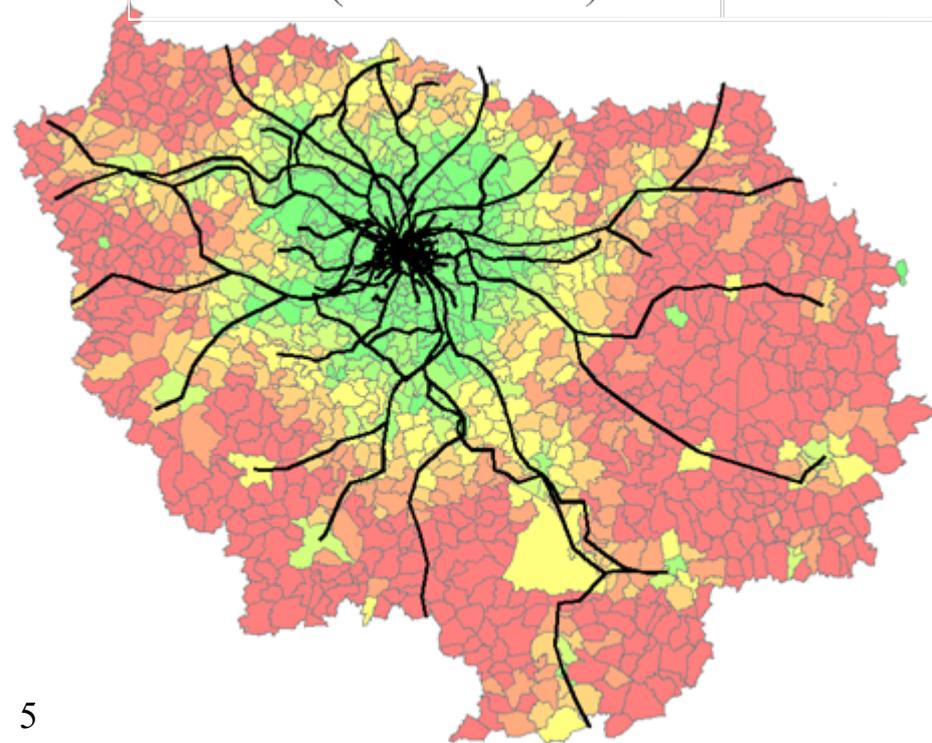
Source: Bertaud, 2001

Etalement urbain et métropolisation : émergence du polycentrisme



Entrée par la consommation d'énergie liée à la mobilité quotidienne

| | Ile-de-France | Rhin-Ruhr |
|-------------------------|----------------------|------------------|
| Voiture | 44 % | 64 % |
| Modes doux | 12 % | 18 % |
| Distance (vol d'oiseau) | 10 km | 11 km |



km-équivalent-automobile

0 50 km

Ile-de-France

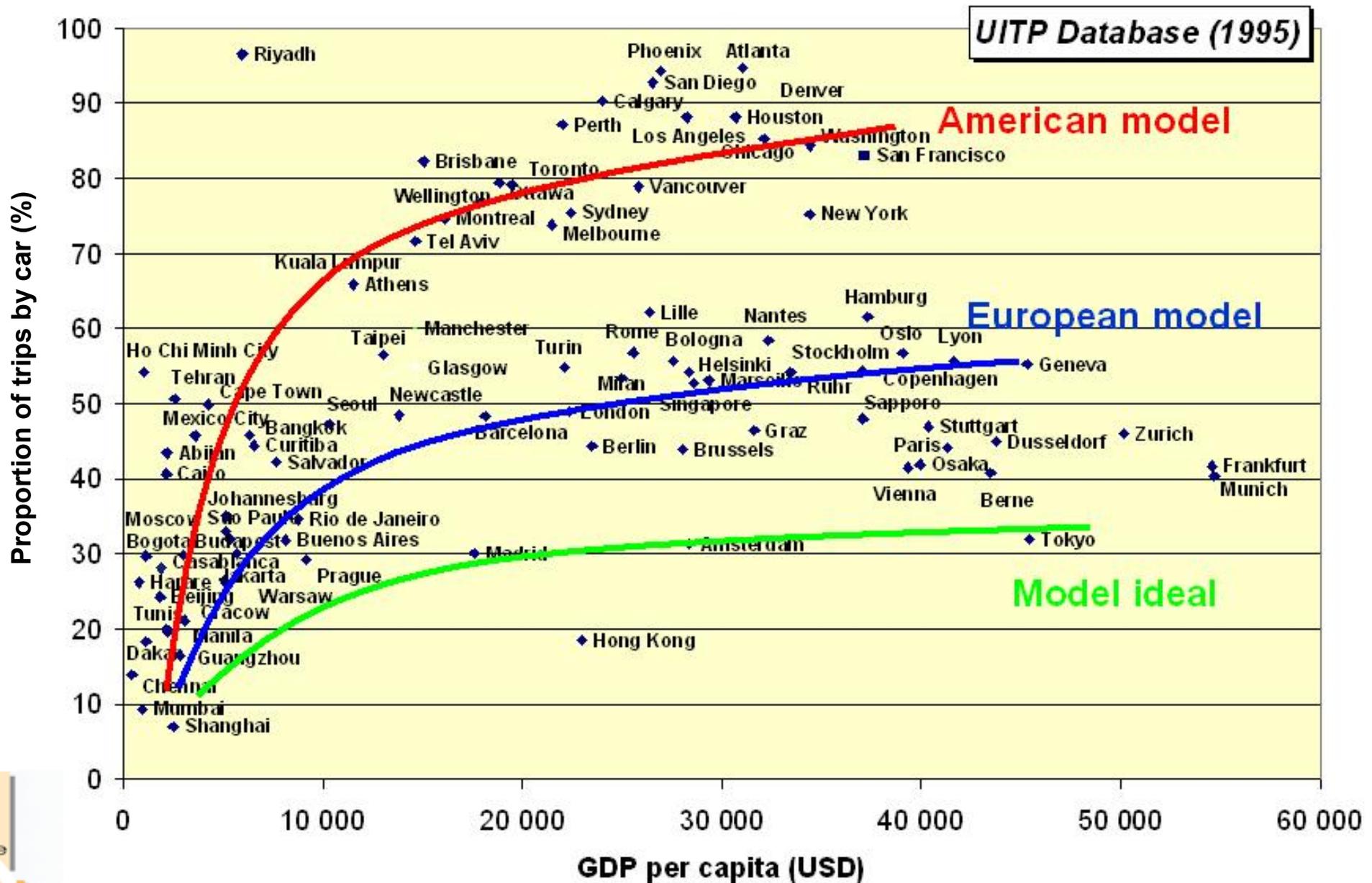
Principales actions possibles

- 1. **Tarifification** routière et TC
- 2. Augmentation de l'**offre TC** (liens manquants, intégration) et confort
- 3. **Aménagement urbain** : marché immobilier et occupation des sols
- 4. Nouvelles technologiques de l'information et e la communication (**TIC**)

Paris (proche couronne)



Morphogenèse urbaine, entre choix individuels et choix collectifs



(Jean Laterrasse)

Pourquoi agir sur la forme urbaine ?



Eixample, 1859 (Cerdà)

Potentiels de réduction d'énergie différents selon les sources :

- Horner (30%)
- Breheny (3%)

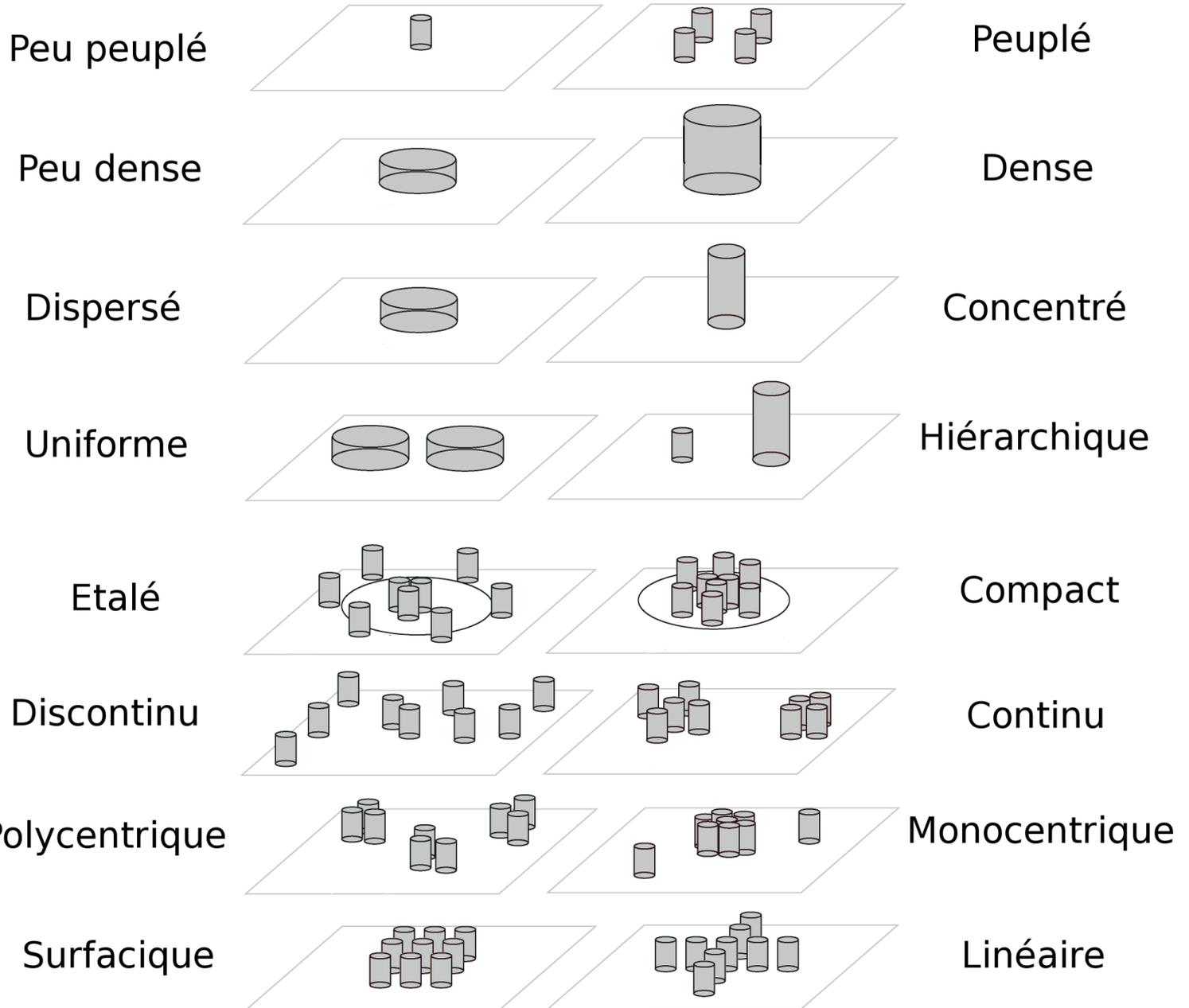
Articulation entre transport et urbanisme



Forme urbaine : quantifier la configuration des densités

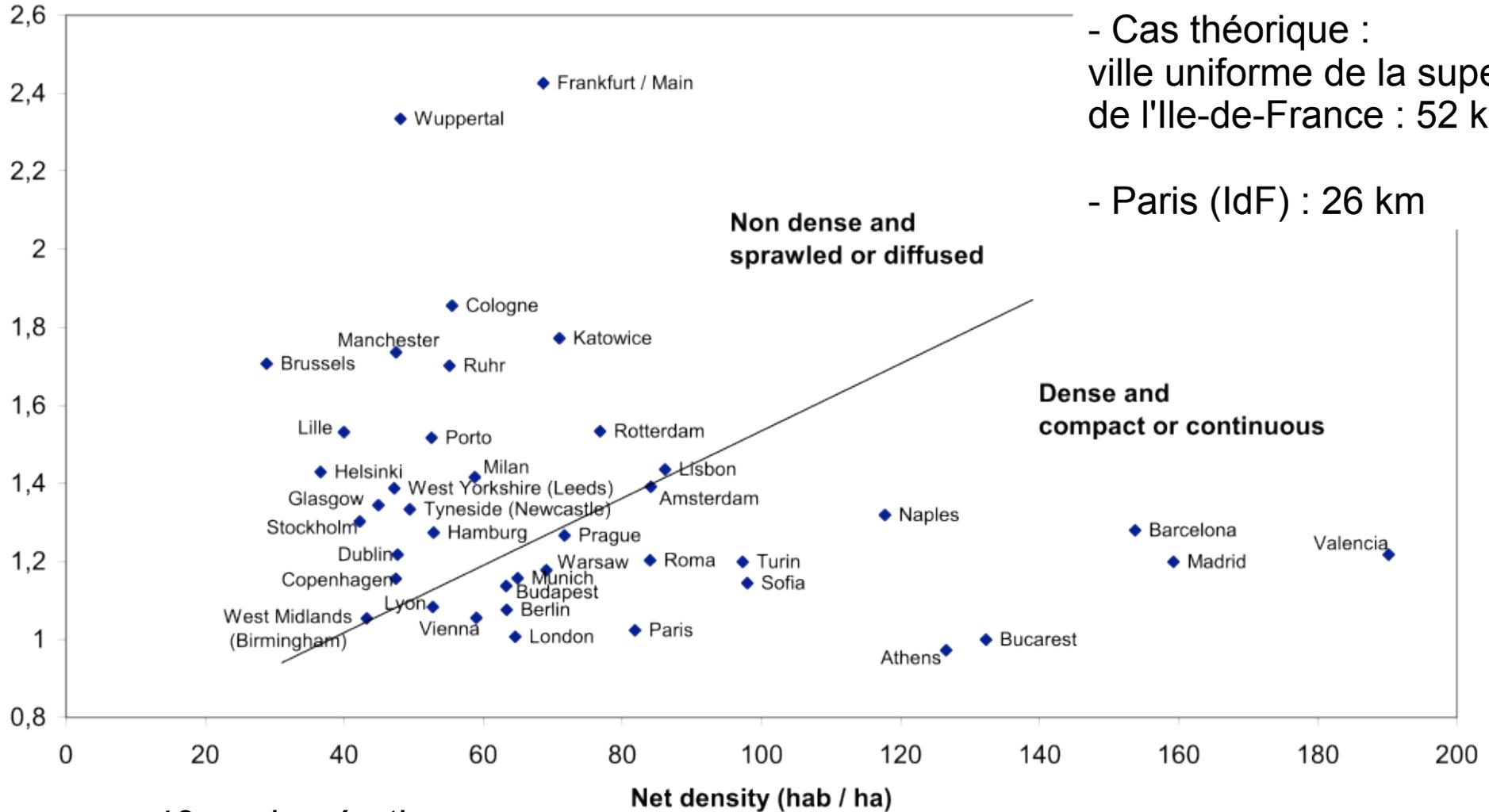
Travaux de :

Tsai
Galster
Camagni
Etc.



**Approche
quantitative**

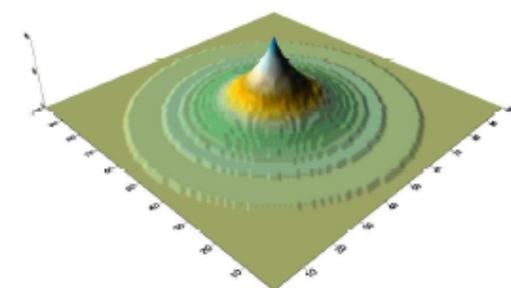
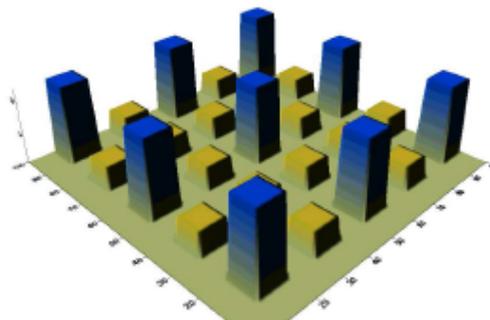
La distance moyenne entre deux individus pour quantifier la configuration spatiale des densités



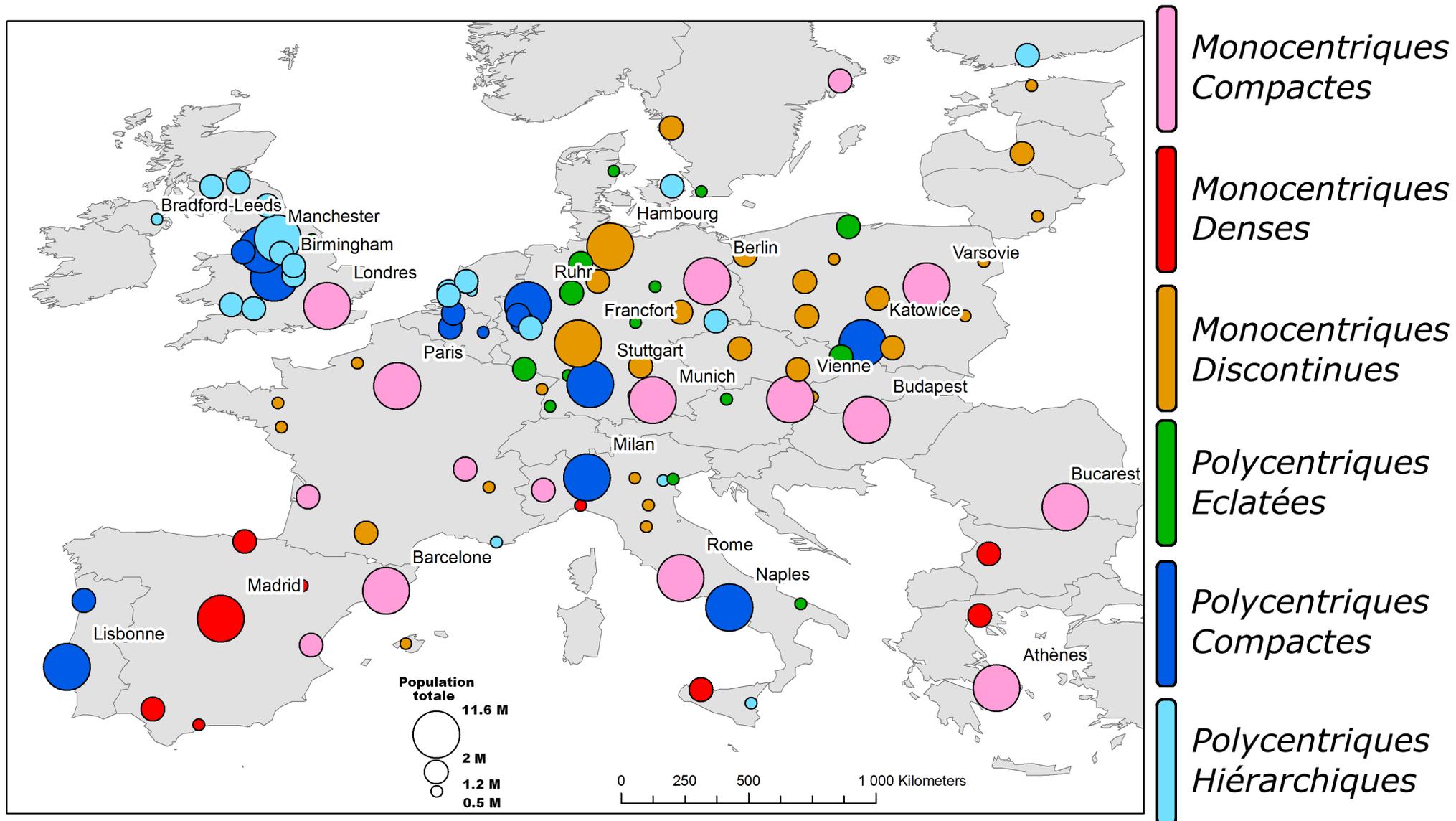
- Cas théorique :
ville uniforme de la superficie
de l'Ile-de-France : 52 km

- Paris (IdF) : 26 km

40 agglomérations
européennes les plus
denses (UMZ)
Source : Bretagnolle et al.
(2011)



Application à la diversité des formes de villes en Europe

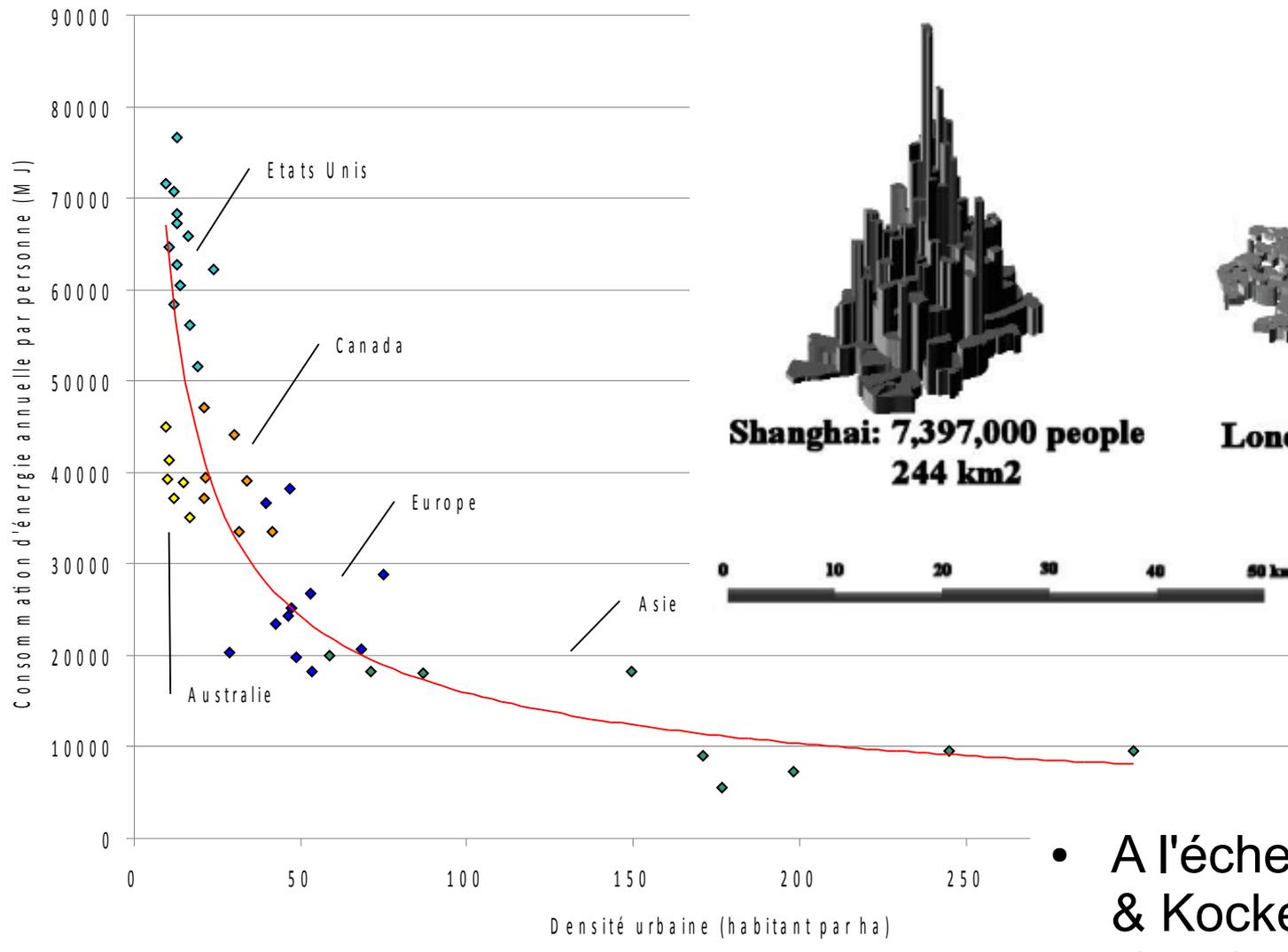


- **287 « Larger Urban Zones » de l'Audit Urbain**

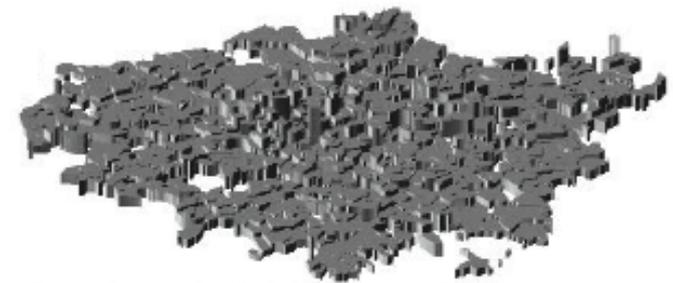
- **Indicateurs de polycentrisme, de dispersion**

Forme urbaine et mobilité: des relations complexes

Densité et consommation d'énergie (Newman & Kenworthy 1999)



**Shanghai: 7,397,000 people
244 km²**



**London: 6,626,000 people
1,062 km²**

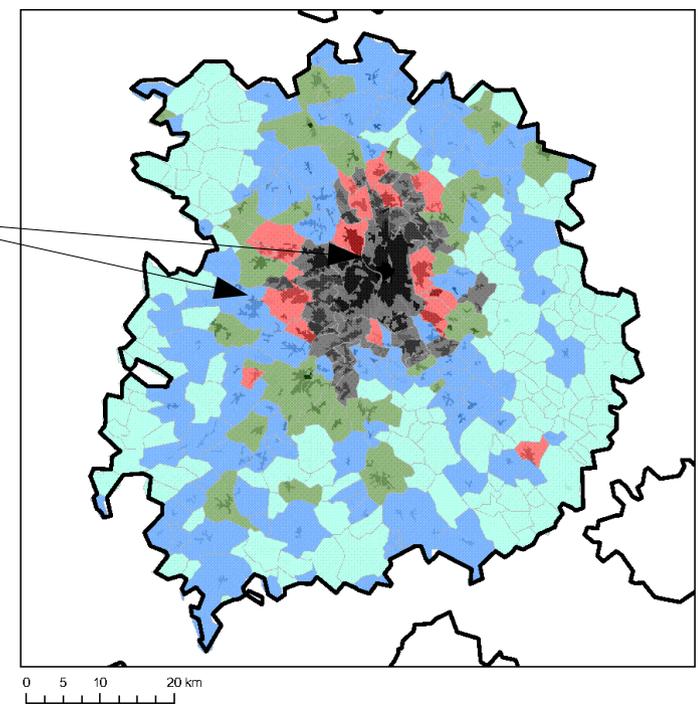


Scale: 100,000 people

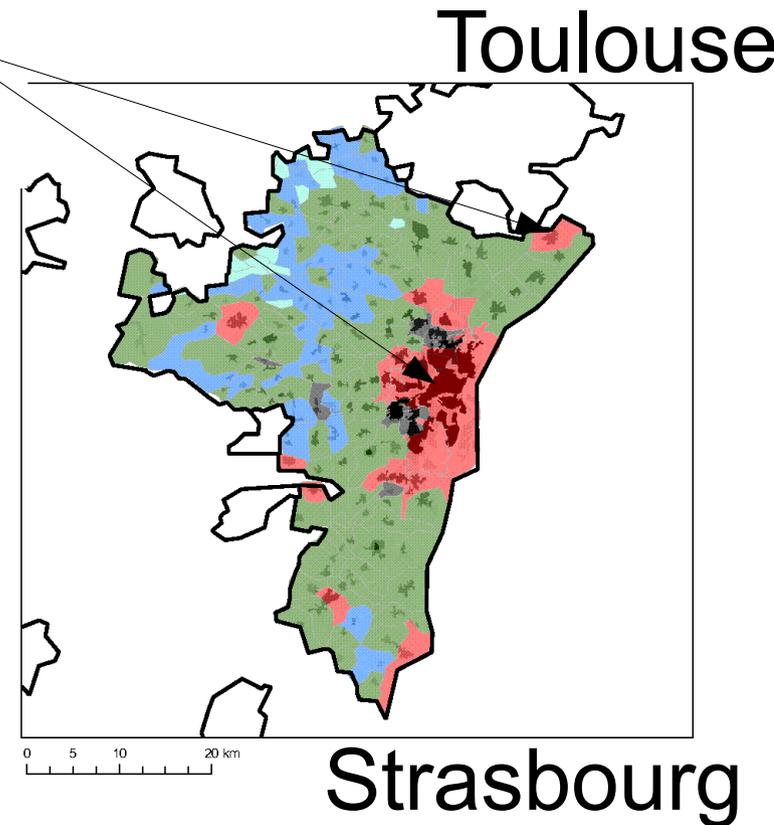
- A l'échelle locale : 3D (Cervero & Kockelman)
density, diversity and design

Approche multiscaleaire pour douze grandes aires urbaines françaises

Forme
urbaine
localement
diffuse



Forme
urbaine
localement
compacte



| | Part des trajets en voiture | Part des trajets locaux (inférieurs à 10 km) |
|------------------|---|--|
| Densité locale | Effet négatif à l'échelle locale | Effets contradictoires ; l'effet global, positif, domine |
| Densité globale | | |
| Distance locale | Effet positif aux deux niveaux (surtout global) | Non significatif |
| Distance globale | | |

Approche multiscalaire (aires urbaines françaises)

| Part des trajets en voiture | Constante | Emplois par actif | Proportion de cadres | Taux de motorisation | Distance au centre | Densité locale | Distance locale | Hiérarchie locale | Densité globale | Distance globale | Hiérarchie globale | |
|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| Modèle de référence | DL=1921 0,577*** (t=39,1) | -0,049*** (t=-16,5) VIF=1,26 | 0,083** (t=3,25) VIF=1,30 | 0,127*** (t=11,7) VIF=1,36 | -0,001*** (t=-5,75) VIF=1,34 | | | | | | | R2=0,389 BP=161,4 W=204,5 |
| Modèle forme urbaine locale | DL=1921 0,63*** (t=27,1) | -0,048*** (t=-14,7) VIF=1,47 | 0,078** (t=3,27) VIF=1,31 | 0,111*** (t=11,6) VIF=1,48 | -0,001*** (t=-6,72) VIF=2,30 | -0,016*** (t=-5,55) VIF=3,55 | 0,054* (t=2,17) VIF=1,19 | 0,047*** (t=9,07) VIF=1,82 | | | | R2=0,436 BP=178,2 W=140,4 |
| Modèle forme urbaine globale | DL=1921 0,542*** (t=21,8) | -0,050*** (t=-16,7) VIF=1,29 | 0,077** (t=3,00) VIF=1,32 | 0,13*** (t=11,0) VIF=1,42 | -0,001*** (t=-7,05) VIF=1,49 | | | | 0,015*** (t=-3,48) VIF=2,13 | 0,022** (t=2,99) VIF=1,14 | 0,006 (t=0,54) VIF=2,05 | R2=0,399 BP=183,3 W=144,2 |
| Modèle forme urbaine multiscalaire | DL=1921 0,701*** (t=21,7) | -0,049*** (t=-14,9) VIF=1,47 | 0,065** (t=2,72) VIF=1,32 | 0,098*** (t=9,93) VIF=1,58 | -0,002*** (t=-8,39) VIF=2,43 | -0,018*** (t=-6,12) VIF=3,73 | 0,021 (t=0,79) VIF=1,32 | 0,056*** (t=9,84) VIF=2,11 | -0,005 (t=-1,04) VIF=2,32 | 0,028*** (t=4,08) VIF=1,20 | -0,052*** (t=-4,10) VIF=2,37 | R2=0,456 BP=198,7 W=124,9 |

Modèles multiniveaux

• Socio-economiques

- PIB / hab
- Taux de motorisation

• Forme urbaine

- Densité nette
- Etalement urbain :
distance entre individus
- Indice de polycentrisme

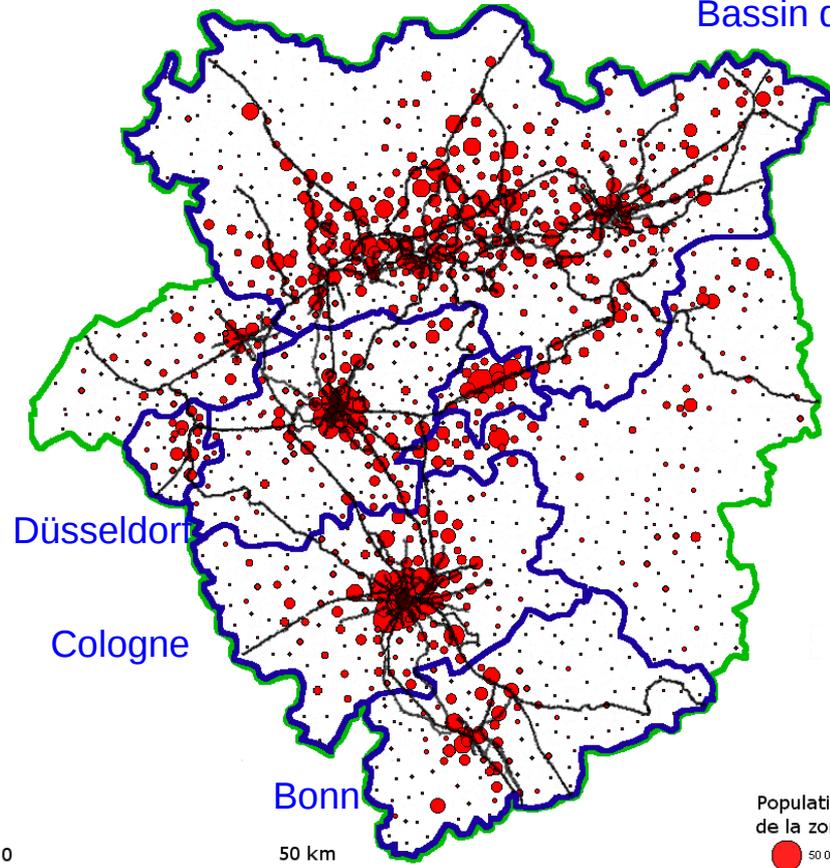
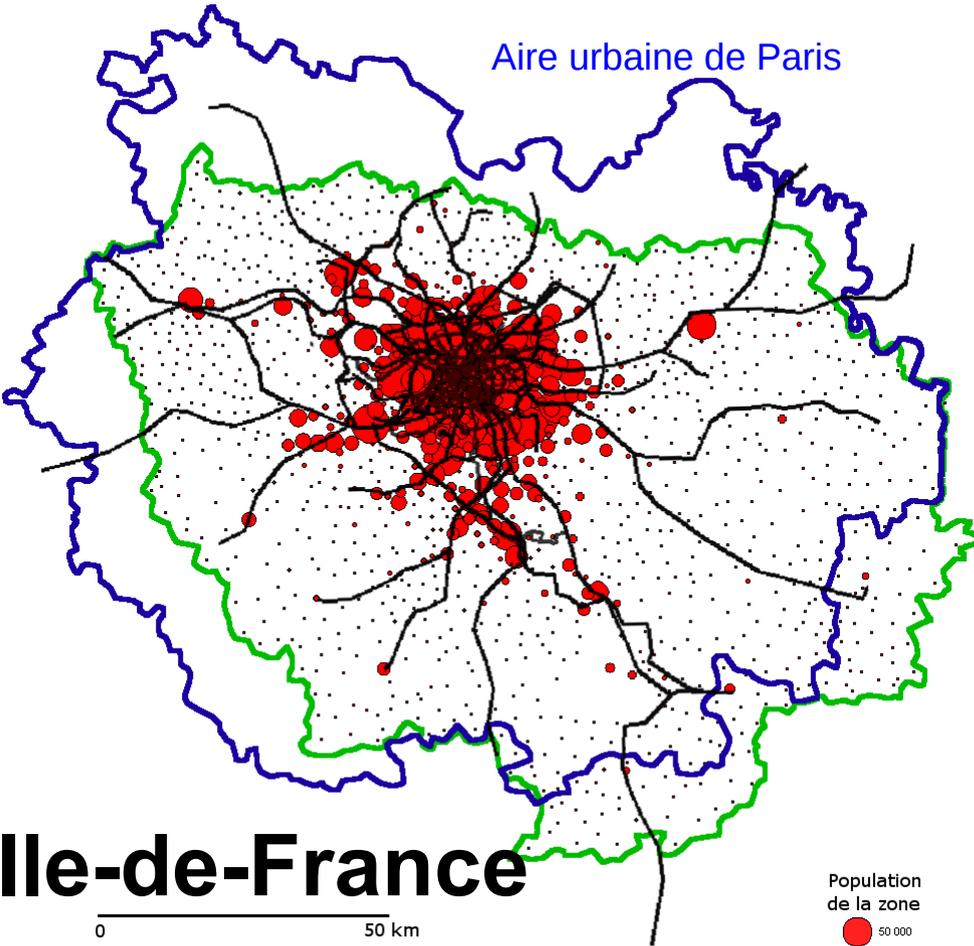
• Mobilité

- Modes
- Distance
- Energie

Aménagement métropolitain à plusieurs échelles

Bassin de la Ruhr

Aire urbaine de Paris



0 50 km

Population de la zone
 ● 50 000
 ● 25 000
 ● 5 000

Population de la zone
 ● 50 000
 ● 25 000
 ● 5 000

— Aire fonctionnelle
 — Aire métropolitaine

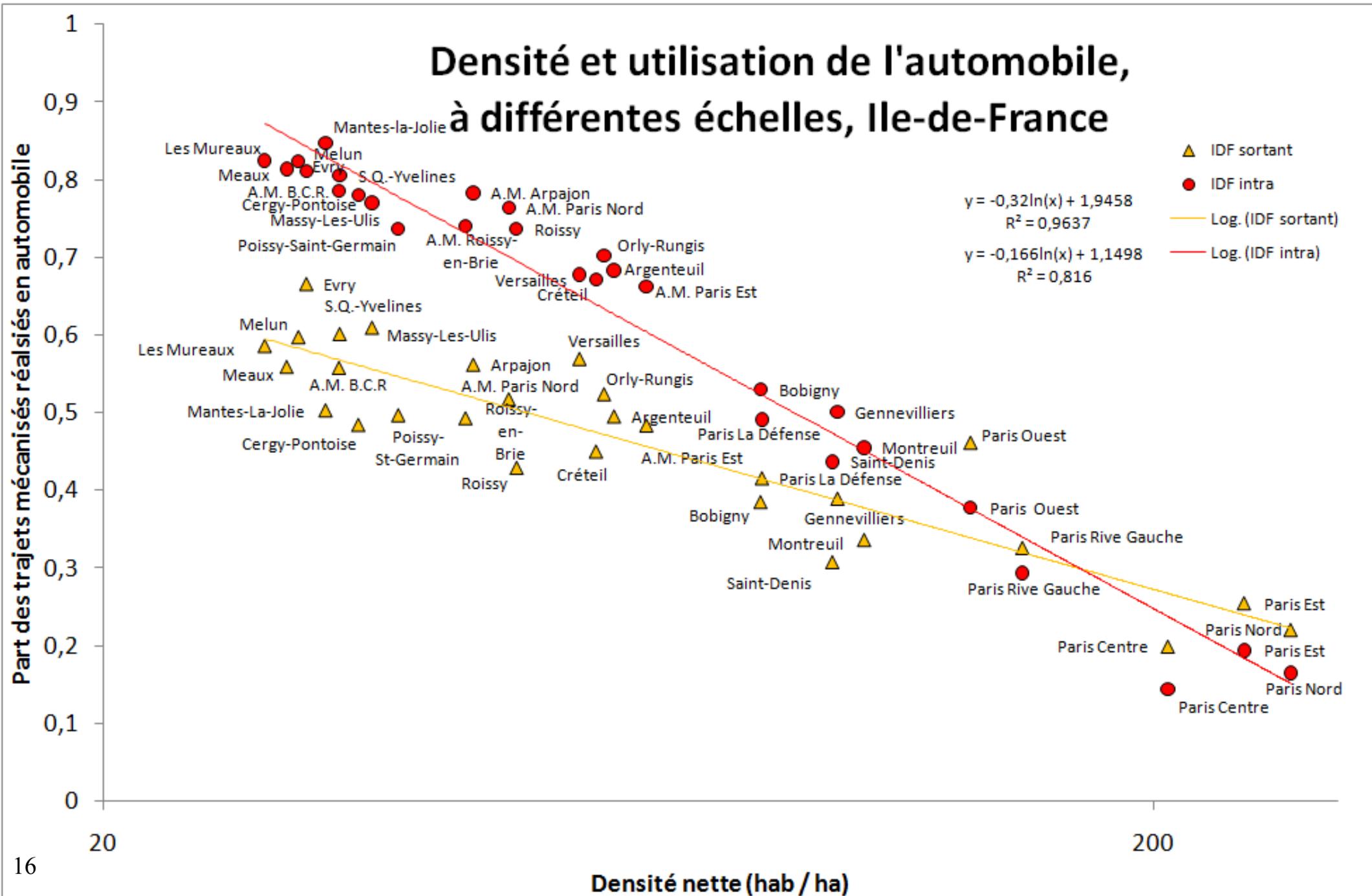
Rhin-Ruhr

Ile-de-France

| | Ile-de-France | Région Rhin-Ruhr |
|--|---------------|------------------|
| Population totale | 10,9 M | 11,9 M |
| Nombre d'emplois | 4,8 M | 6,1 M |
| Nombre de communes | 1300 | 1265* |
| Population située à moins de 500 m d'une station de métro / U-Bahn | 2,6 M | 1,6 M |
| Population située à moins de 1 km d'une station de RER / S-Bahn | 3,6 M | 2,2 M |

Imbrication de niveaux de fonctionnement et de niveaux de compétence

Cohérence locale *versus* cohérence métropolitaine



Approche multiscalaire IdF / RR

| Proportion de trajets locaux | Région Ile-de-France | | | Région Rhin-Ruhr | | |
|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | Modèle 1 | Modèle 2 | Modèle 3 | Modèle 1 | Modèle 2 | Modèle 3 |
| Constante | -0,083 (-0,77) | -0,145 (-1,42) | -0,128 (-1,29) | -0,321* (-2,23) | -0,432** (-2,96) | -0,468** (-3,91) |
| Densité nette (log) | -0,080*** (-9,71) VIF=2,7 | -0,092*** (-10,6) VIF=3,6 | -0,070*** (-8,80) VIF=3,1 | -0,141*** (-4,71) VIF=1,3 | -0,116*** (-3,80) VIF=1,4 | -0,117*** (-3,92) VIF=1,4 |
| Population (log) | 0,062*** (6,04) VIF=2,3 | 0,067*** (6,93) VIF=2,4 | 0,068*** (7,08) VIF=2,4 | 0,107*** (7,96) VIF=1,2 | 0,112*** (8,50) VIF=1,3 | 0,116*** (8,77) VIF=1,3 |
| Ratio emplois sur actifs (log) | 0,247*** (9,07) VIF=1,4 | 0,203*** (6,93) VIF=1,8 | 0,264*** (10,4) VIF=1,4 | 0,532 (1,47) VIF=1,0 | 1,040* (2,57) VIF=1,4 | 0,768* (2,15) VIF=1,1 |
| Accessibilité au métro | | 0,154** (2,98) VIF=2,5 | | | -0,235* (-2,54) VIF=1,7 | |
| Accessibilité au RER | | | -0,177** (-3,30) VIF=2,0 | | | -0,227** (-2,93) VIF=1,3 |
| R2 ajusté | 0,696 | 0,736 | 0,745 | 0,435 | 0,471 | 0,484 |
| F Fischer | 42,9 | 39,3 | 41,1 | 22,3 | 19,5 | 20,5 |
| nombre d'observations | 56 | 56 | 56 | 84 | 84 | 84 |

Quatre métropoles européennes

| | Paris | London | Rhine-Ruhr | Randstad |
|----------------------------|---------------|---------------|--------------|-------------|
| Population | 11.0 M [A] | 11.6 M [C] | 11.9 M [F] | 7.5 [D] |
| Net density (inh. / ha) | 40.5 [A] | 39.9 [C] | 28 [C] | 34 [C] |
| Polycentricity | Low [C] | Medium | High | High |
| Sprawl index | 25.9 km | 32.6 km | 47.6 km | 46.6 km |
| GDP per capita | 42 700 \$ [D] | 46 200 \$ [D] | 27400 \$ [D] | 32900\$ [D] |
| Car ownership | 439 [A] | 384 [J] | 494 [F] | |
| Car mode share (pkm) | 70 % | | 85 % [E+F] | |
| - Commuting only | 48.0 % [B] | | 80.3 % [E+F] | |
| Car mode share (# trips) | 46.4 % [A] | 55.8 % [K] | 52.9 % [E] | 47.8 [G] |
| - Commuting only | 44.1 % [B] | 54.2 % [J] | 64 % [E+F] | 40 % [D] |
| Soft modes share (# trips) | 35.6 % [A] | 28.6 % [K] | 33.3 % [E] | 44.8 % [G] |
| - Commuting only | 11.8 % [B] | 11.0 % [J] | 18.4 % [E+F] | 35 % [D] |
| Transit share (# trips) | 18 | 15.6 | 13.8 | 7.4 |
| - Commuting only | 44.1 | 34.8 | 17.6 | 25 |
| Distance per day (km) | 17 [A] | 20 (?) | 28 [E] | 32.2 [H] |
| - Commuting only | 12.7 [B] | 15 (?) | 14.3 [F] | 15.7 [I] |
| Energy (MJ pc) | 16 000 [A] | 20 000 (?) | 30 000 (?) | 25 000 (?) |

Paris 11 M

London 12 M

Rhine-Ruhr 12 M

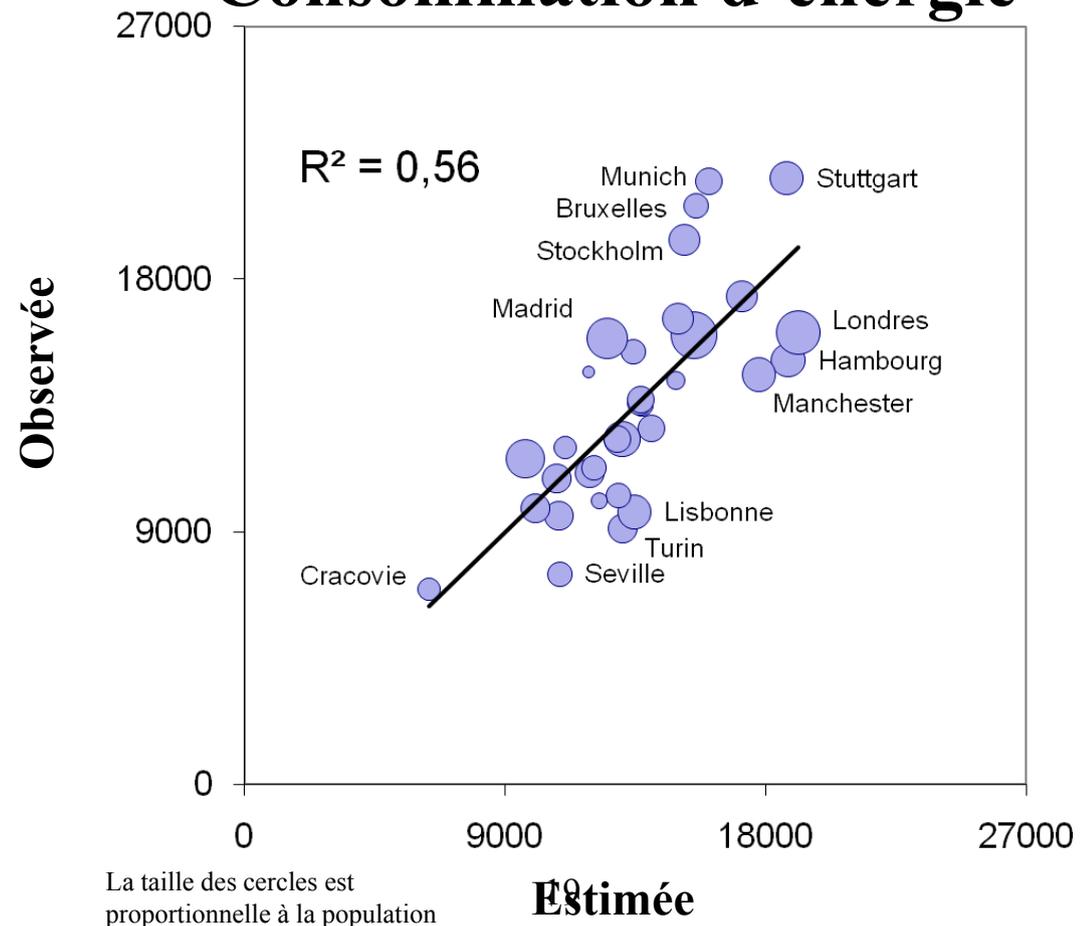
Randstad 8 M

Cas de 34 villes de la base UITP

- Complémentarité entre indicateurs socio-économiques et morphologiques

- Consommation d'énergie plus faible si :
 - Taux de motorisation faible
 - Distance entre deux individus faible
 - Degré d'entropie (désordre) faible
 - Hiérarchie importante

Consommation d'énergie



Apports et limites :

- Quantification forme urbaine, à différentes échelles
- Contextualisation : liens entre échelles de fonctionnement
- Bases de données : harmonisation à l'échelle européenne
- Méthodologie : isoler la forme urbaine
- Perspective dynamique ?
- **Articles supports :**
 - Le Néchet, F., 2011, Consommation d'énergie et mobilité quotidienne selon la configuration des densités dans 34 villes européennes, *Cybergeo*
 - Le Néchet, F., 2012, Approche multiscalaire de la mobilité domicile-travail en Ile-de-France et dans la région Rhin-Ruhr, *Cahiers de Géographie du Québec*
 - Le Néchet, F., Aguilera, A., 2012, Forme urbaine et mobilité domicile-travail dans treize aires urbaines françaises : une analyse multi-échelle. *Recherche Transport Sécurité*

Sources

| | Source | Year |
|---|--|------|
| A | UITP Database | 2001 |
| B | INSEE, French Census | 1999 |
| C | European Environment Agency population density grid | 2002 |
| D | OECD Metropolitan databse | 2006 |
| E | Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtung 2025 | 2004 |
| F | Integrierte Gesamtverkehrsplanung Nord Rhein Westfalen | 2000 |
| G | Dieleman « Globalisation, World Cities and the Randstad » | 1994 |
| H | Hilbers, van Eck, Snellen « Behalve de dagelijkse files. Over betrouwbaarheid van reistijd » | 2004 |
| I | Van Eck & Snellen « Is the Randstad a city network ? » Evidence from commuting patterns | 2006 |
| J | Urban Audit, Eurostat | 2004 |
| K | Social Trends : Transport UK data | |
| L | Enquête Globale de Transport | 2001 |