

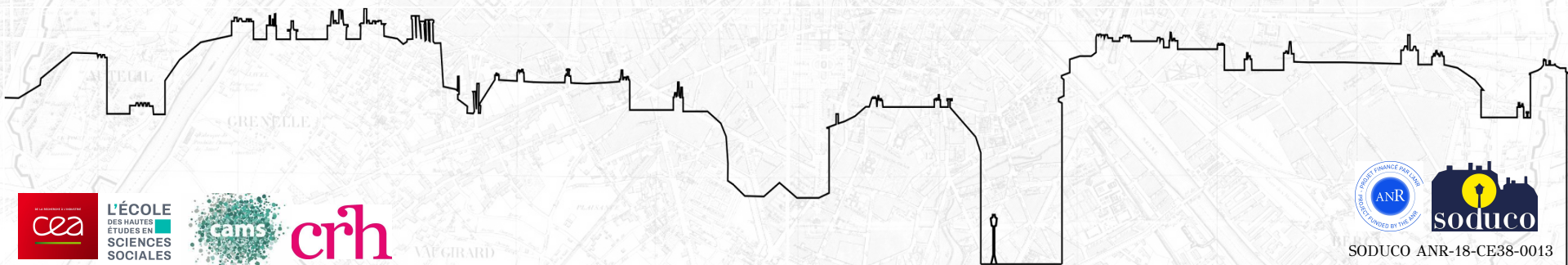
« Lois d'échelle » et dynamiques des activités urbaines dans une ville en croissance

Julie Gravier^(a, b), Marc Barthelemy^(a, c)

(a) Centre d'Analyse et de Mathématique Sociale (EHESS),

(b) Centre de Recherches Historiques (EHESS),

(c) Institut de Physique Théorique, Commissariat à l'énergie Atomique (CEA-Saclay),



Croissance des villes

- Sujet d'étude classique en géographie, économie urbaine, etc.
 - Population (Zipf)
 - Moteurs de croissance: innovations, capital humain, effet d'agglomération
 - Chocs et migrations interurbaines: modifications structurelles, nouvelles industries, etc.
 - Autres effets: politiques, avancées technologiques, etc.
- La plupart de ces études portent sur la période contemporaine et sur des périodes relativement courtes. Quelques exceptions: population, réseau des routes.

Cependant l'activité économique est au cœur de l'évolution des villes... Données ?

Activités dans les villes

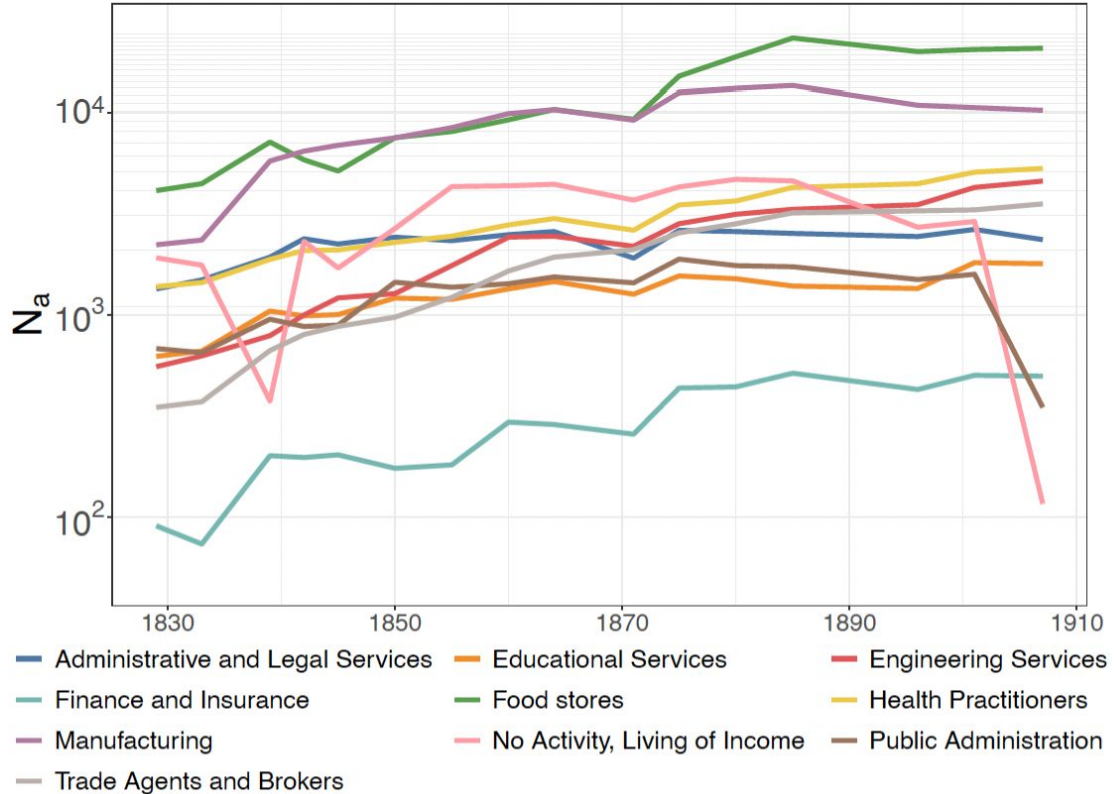
- Avantages de la base de données développée dans le projet SoDUCo:
 - Activité économique (nombre et localisation) $Na(t)$
 - Longue période (1829-1907)

Comment les activités évoluent-elles lors de la croissance d'une ville ?

Comment leur dynamique est impactée par de fortes perturbations ? (travaux Haussmanniens, Commune, révolution industrielle,...)

Activités dans les villes

■ Étude du nombre N_a versus t



Outil principal: Scaling

- Scaling: Étude du nombre N_a versus la population*

$$N_a(t) \sim P(t)^\beta$$

On distingue 3 classes selon la valeur de β

- $\beta = 1$: on a alors $\frac{N_a}{P} = \text{const.}$
- $\beta < 1$: alors $\frac{N_a}{P} \sim P^{\beta-1} \downarrow$
- $\beta > 1$: alors $\frac{N_a}{P} \uparrow$

* Population of Paris districts (1801-1911), P. Cristofoli, J. Gravier Pumain, 2004; Bettencourt et al, PNAS 2007

Scaling

$$Y \sim P^\beta$$

Table 1. Scaling exponents for urban indicators vs. city size

Y	β	95% CI	Adj- R^2	Observations	Country-year
New patents	1.27	[1.25,1.29]	0.72	331	U.S. 2001
Inventors	1.25	[1.22,1.27]	0.76	331	U.S. 2001
Private R&D employment	1.34	[1.29,1.39]	0.92	266	U.S. 2002
"Supercreative" employment	1.15	[1.11,1.18]	0.89	287	U.S. 2003
R&D establishments	1.19	[1.14,1.22]	0.77	287	U.S. 1997
R&D employment	1.26	[1.18,1.43]	0.93	295	China 2002
Total wages	1.12	[1.09,1.13]	0.96	361	U.S. 2002
Total bank deposits	1.08	[1.03,1.11]	0.91	267	U.S. 1996
GDP	1.15	[1.06,1.23]	0.96	295	China 2002
GDP	1.26	[1.09,1.46]	0.64	196	EU 1999–2003
GDP	1.13	[1.03,1.23]	0.94	37	Germany 2003
Total electrical consumption	1.07	[1.03,1.11]	0.88	392	Germany 2002
New AIDS cases	1.23	[1.18,1.29]	0.76	93	U.S. 2002–2003
Serious crimes	1.16	[1.11, 1.18]	0.89	287	U.S. 2003
Total housing	1.00	[0.99,1.01]	0.99	316	U.S. 1990
Total employment	1.01	[0.99,1.02]	0.98	331	U.S. 2001
Household electrical consumption	1.00	[0.94,1.06]	0.88	377	Germany 2002
Household electrical consumption	1.05	[0.89,1.22]	0.91	295	China 2002
Household water consumption	1.01	[0.89,1.11]	0.96	295	China 2002
Gasoline stations	0.77	[0.74,0.81]	0.93	318	U.S. 2001
Gasoline sales	0.79	[0.73,0.80]	0.94	318	U.S. 2001
Length of electrical cables	0.87	[0.82,0.92]	0.75	380	Germany 2002
Road surface	0.83	[0.74,0.92]	0.87	29	Germany 2002

Scaling

$$Y \sim P^\beta$$

Table 1. Scaling exponents for urban indicators vs. city size

Y	β	95% CI	Adj- R^2	Observations	Country-year
New patents	1.27	[1.25,1.29]	0.72	331	U.S. 2001
Inventors	1.25	[1.22,1.27]	0.76	331	U.S. 2001
Private R&D employment	1.34	[1.29,1.39]	0.92	266	U.S. 2002
"Supercreative" employment	1.15	[1.11,1.18]	0.89	287	U.S. 2003
R&D establishments	1.19	[1.14,1.22]	0.77	287	U.S. 1997
R&D employment	1.26	[1.18,1.43]	0.93	295	China 2002
Total wages	1.12	[1.09,1.13]	0.96	361	U.S. 2002
Total bank deposits	1.08	[1.03,1.11]	0.91	267	U.S. 1996
GDP	1.15	[1.06,1.23]	0.96	295	China 2002
GDP	1.26	[1.09,1.46]	0.64	196	EU 1999–2003
GDP	1.13	[1.03,1.23]	0.94	37	Germany 2003
Total electrical consumption	1.07	[1.03,1.11]	0.88	392	Germany 2002
New AIDS cases	1.23	[1.18,1.29]	0.76	93	U.S. 2002–2003
Serious crimes	1.16	[1.11, 1.18]	0.89	287	U.S. 2003
Total housing	1.00	[0.99,1.01]	0.99	316	U.S. 1990
Total employment	1.01	[0.99,1.02]	0.98	331	U.S. 2001
Household electrical consumption	1.00	[0.94,1.06]	0.88	377	Germany 2002
Household electrical consumption	1.05	[0.89,1.22]	0.91	295	China 2002
Household water consumption	1.01	[0.89,1.11]	0.96	295	China 2002
Gasoline stations	0.77	[0.74,0.81]	0.93	318	U.S. 2001
Gasoline sales	0.79	[0.73,0.80]	0.94	318	U.S. 2001
Length of electrical cables	0.87	[0.82,0.92]	0.75	380	Germany 2002
Road surface	0.83	[0.74,0.92]	0.87	29	Germany 2002

Scaling

$$Y \sim P^\beta$$

Table 1. Scaling exponents for urban indicators vs. city size

Y	β	95% CI	Adj- R^2	Observations	Country-year
New patents	1.27	[1.25,1.29]	0.72	331	U.S. 2001
Inventors	1.25	[1.22,1.27]	0.76	331	U.S. 2001
Private R&D employment	1.34	[1.29,1.39]	0.92	266	U.S. 2002
"Supercreative" employment	1.15	[1.11,1.18]	0.89	287	U.S. 2003
R&D establishments	1.19	[1.14,1.22]	0.77	287	U.S. 1997
R&D employment	1.26	[1.18,1.43]	0.93	295	China 2002
Total wages	1.12	[1.09,1.13]	0.96	361	U.S. 2002
Total bank deposits	1.08	[1.03,1.11]	0.91	267	U.S. 1996
GDP	1.15	[1.06,1.23]	0.96	295	China 2002
GDP	1.26	[1.09,1.46]	0.64	196	EU 1999–2003
GDP	1.13	[1.03,1.23]	0.94	37	Germany 2003
Total electrical consumption	1.07	[1.03,1.11]	0.88	392	Germany 2002
New AIDS cases	1.23	[1.18,1.29]	0.76	93	U.S. 2002–2003
Serious crimes	1.16	[1.11, 1.18]	0.89	287	U.S. 2003
Total housing	1.00	[0.99,1.01]	0.99	316	U.S. 1990
Total employment	1.01	[0.99,1.02]	0.98	331	U.S. 2001
Household electrical consumption	1.00	[0.94,1.06]	0.88	377	Germany 2002
Household electrical consumption	1.05	[0.89,1.22]	0.91	295	China 2002
Household water consumption	1.01	[0.89,1.11]	0.96	295	China 2002
Gasoline stations	0.77	[0.74,0.81]	0.93	318	U.S. 2001
Gasoline sales	0.79	[0.73,0.80]	0.94	318	U.S. 2001
Length of electrical cables	0.87	[0.82,0.92]	0.75	380	Germany 2002
Road surface	0.83	[0.74,0.92]	0.87	29	Germany 2002

Études sur le scaling dans les villes

- Deux manières de voir le scaling: transversal et temporel
 - A t fixé on regarde une collection de villes (P_i, Y_i)
 - Pour une ville donnée on collecte $(P(t), Y(t))$
- La majorité des études concerne des analyses transversales pour une période donnée.
- Deux études considèrent le scaling à la fois transversal et dans le temps (élections aux USA entre 1948 et 2016; caractéristiques des villes USA entre 1900 et 2015).
- Ici on s'intéresse au scaling temporel

Scaling linéaire et superlinéaire

- Cas linéaire: $\frac{N_a}{P} = \text{const.}$

Le nombre d'activités est proportionnel à la population:
besoin par habitant constant (eau, nourriture,...)

- Cas superlinéaire: N_a/P augmente avec P

« accélération »: due à la concentration d'individus,

« engouement »: effet des interactions, ou bien effet de mode

Scaling sous-linéaire $\beta < 1$: un argument

Ville d'aire A avec N installations. Le temps total passé pour le fonctionnement de ses installations est

$$T = hN + cPd^\gamma$$

où la distance typique pour les utilisateurs est $d \sim \sqrt{A/N}$

L'optimisation $\frac{\partial T}{\partial N} = 0$ conduit à $N \sim A^{\gamma/\gamma+2} P^{2/\gamma+2}$

Dans le cas habituel $\gamma = 1$, on obtient alors $N \sim P^{2/3}$

Un comportement sous-linéaire peut donc indiquer
un processus d'optimisation (services publics)
ou bien une économie d'échelle

Comment se comportent les différentes activités lors
de la croissance d'une ville ?

Valeurs de β ? Typologie des activités ?

Construction du corpus d'étude



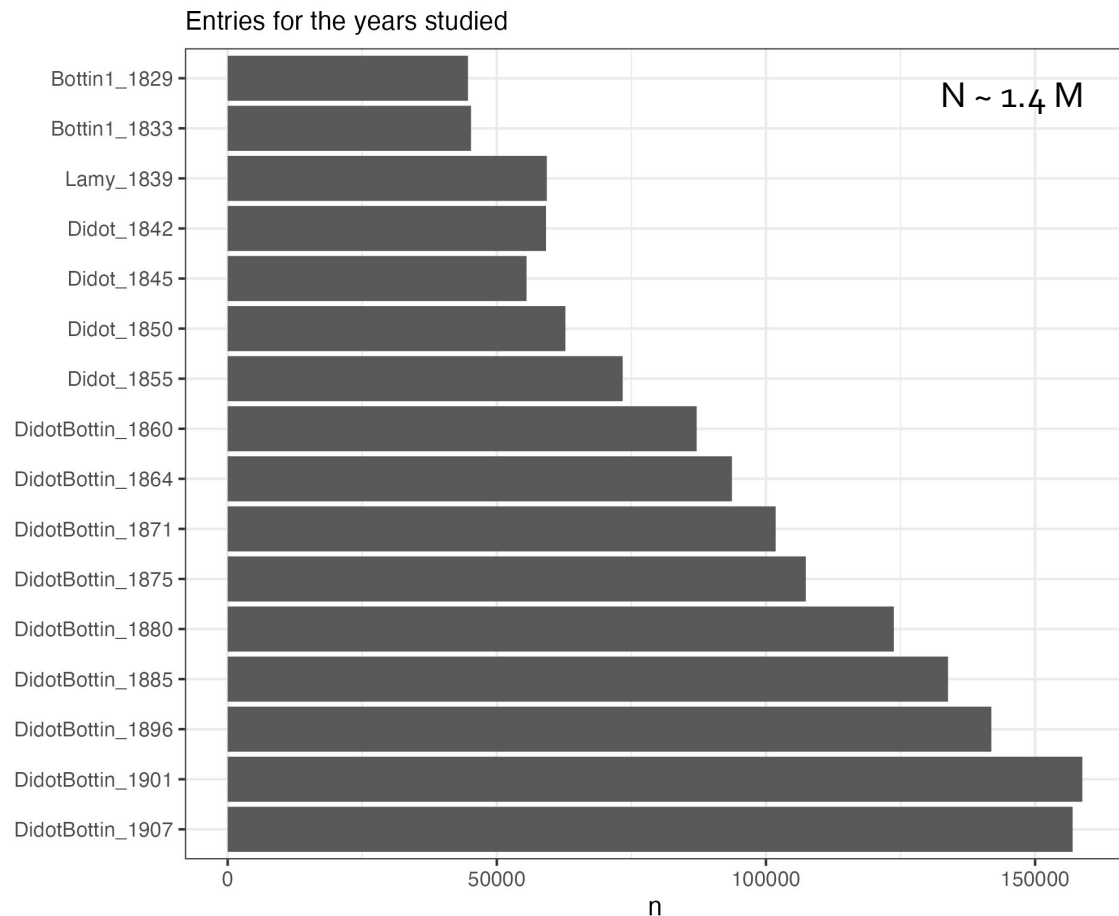
1829-1907

Corpus d'Annuaire étudiés

Point de vue temporel

> pas de temps ~ 5 ans

> dates spécifiques selon l'évaluation de la qualité des données



Identification des groupes de noms d'activité

Tag "Activité"

Ravrio et comp., *fabr. de bronzes et curiosités*, r. Richelieu, 93; la *fabrique* rue Montmartre, 161.

Ravrio et comp. PER fabr. de bronzes et curiosités ACT
r. Richelieu LOC 93 CARDINAL la fabrique FT
rue Montmartre LOC 161 CARDINAL

OCR

Ravrio et comp., fabr. de bronzes et curiosités, r. Richelieu, 93; la fabrique rue Montmartre, 161.

NER

Étape 1: application du **soundex index** sur *Activité* après un premier nettoyage des chaînes de caractères

Ex: P652 -> "pharmacien" "paarmacten"
"phar- macien-droguiste" "phurmicien"
"pharmacie homéopatique spéciale"

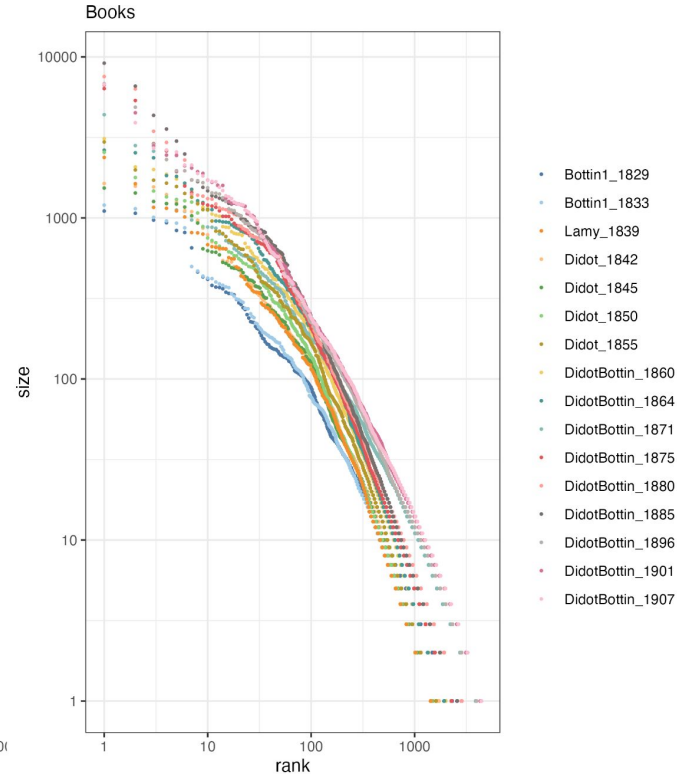
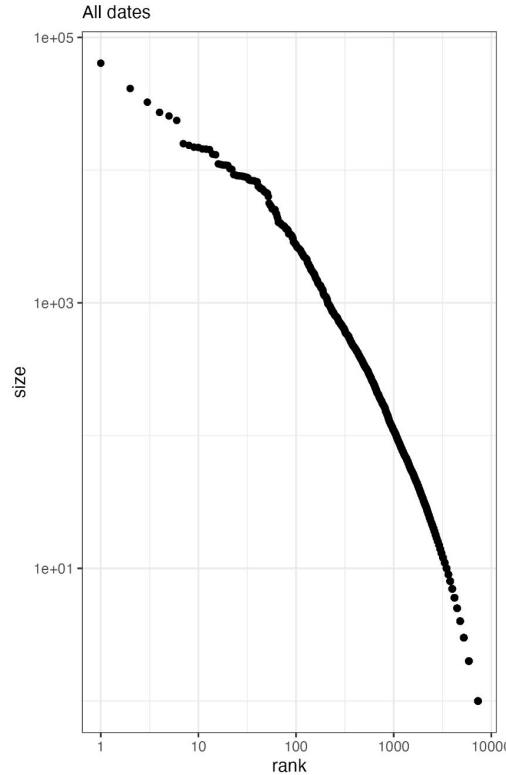
Étape 2: **sélection** des activités selon leur **fréquence**

175 activités:

~ 71% des entrées

~ 1 M d'entrées

Activités after applying soundex index



Explorer et définir manuellement les 175 activités

Étape 3: **évaluation qualitative** du regroupement des activités selon le soundex index

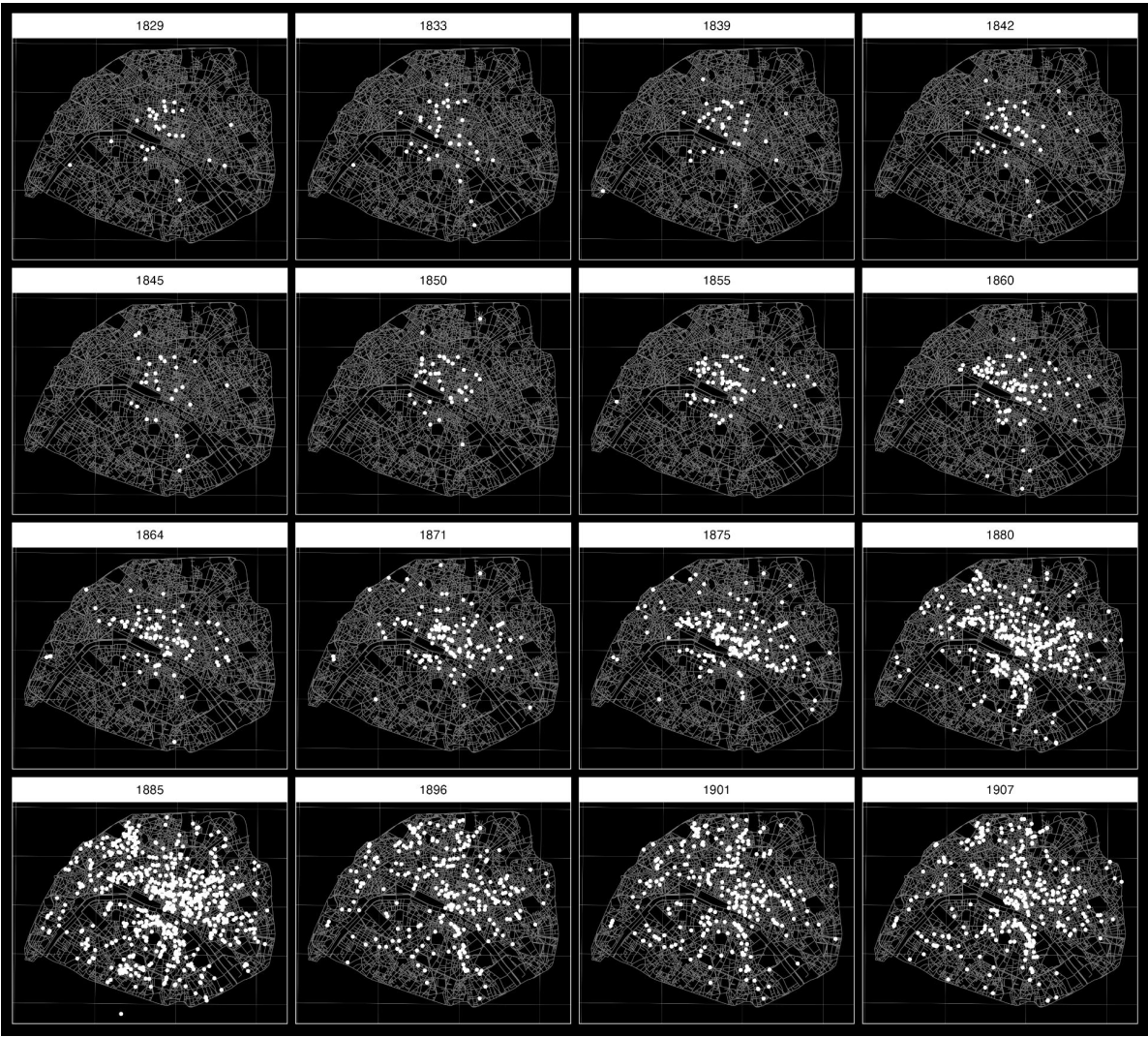
- > Cartographie systématique
- > Aperçu systématique des tableaux



Étape 4: **définir chaque activité**

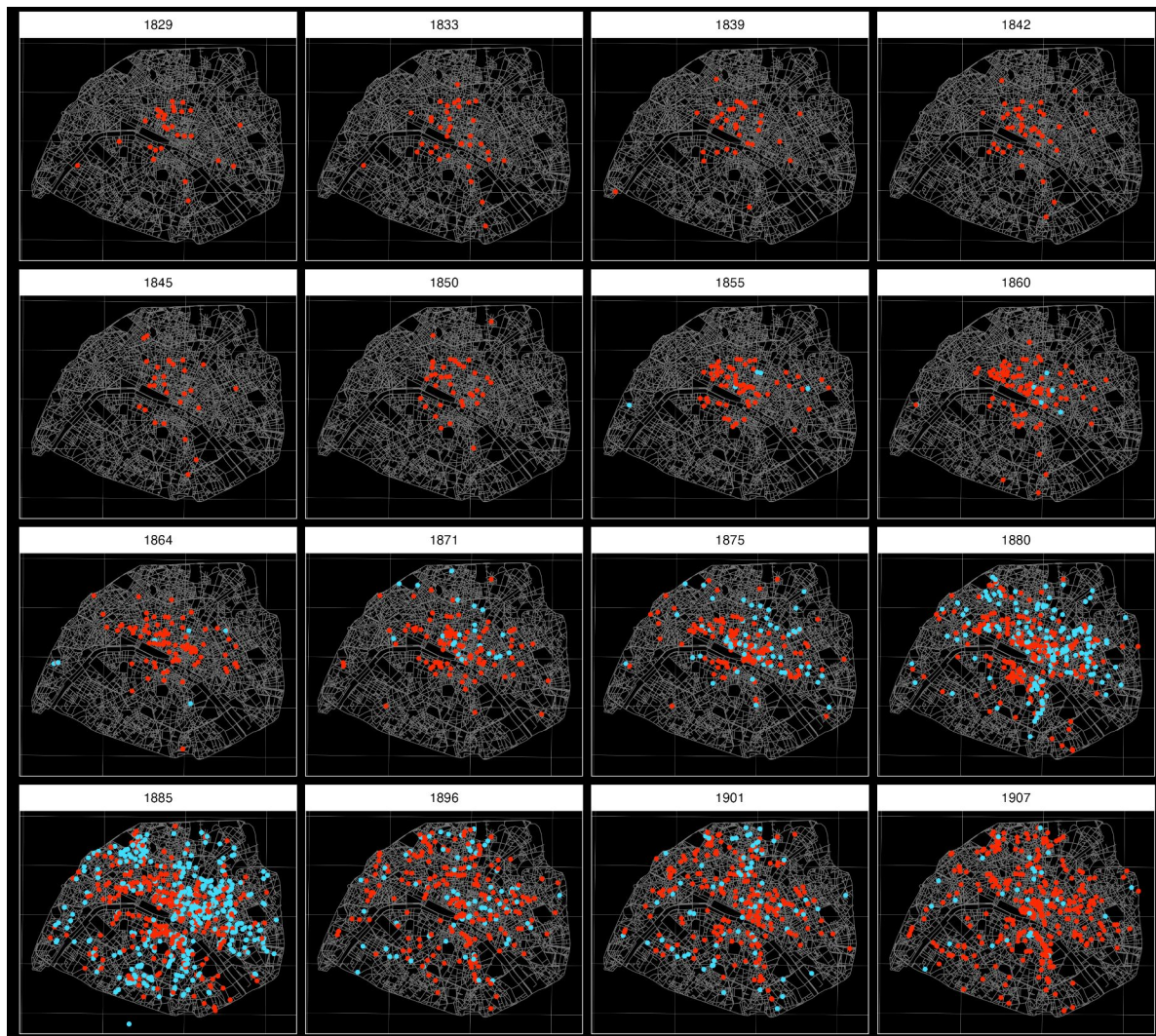
- *Dictionnaire critique de la langue française* de Jean-François Féraud 1787-1788
 - *Dictionnaire de l'Académie française*, 5e édition de 1798
 - *Dictionnaire de l'Académie française*, 6e édition 1832-1835
 - *Dictionnaire de l'Académie française*, 7e édition ~1878
 - *Dictionnaire de l'Académie française*, 8e édition 1932-1935
-
- > Que recouvre la désignation de l'activité ?
 - > Est-ce que la signification de la désignation évolue au fil du temps ?

Crémier/crèmerie



Crémier/crèmerie

- > Crémier
- > Crèmerie: désigne un restaurant de quartier à partir du milieu du siècle



Relier les activités à une classification contemporaine

Étape 5: **création d'une typologie inspirée** du système de classification des industries nord-américaines (NAICS - US Census Bureau)

1 - Administrative and Legal Services

2 - Arts, Entertainment, and Recreation

3 - Building and Car Rental

4 - Clothing and clothing accessories manufacturers/retailers

5 - Construction and Public Works

6 - Cosmetics, Beauty Supplies, and Perfume Retailers

7 - Educational Services

8 - Engineering Services

9 - Finance and Insurance

10 - Food stores

11 - Full-Service Restaurants

12 - Health Practitioners

13 - Home Furniture and Supplies Manufacturers/Retailers

14 - Manufacturing

15 - No Activity, Living of Income

16 - Other retailers

17 - Public Administration

18 - Publishing Industries

19 - Related to Agricultural Activities

20 - Trade Agents and Brokers

21 - Wholesalers Trade

Table S1. Relations between activities in Paris directories and activity categories

NAICS-inspired Categories	Activity in Directories
Administrative and Legal Services	administrateur judiciaire; appel avocat cour d'; avocat; avoué; bureau de papier-timbre; cabinet d'affaire; charge d'affaire de (lieu); commissaire répartiteur; conservateur des hypothèques; docteur en droit; doyen des avocats; greffier; huissier; notaire; secrétaire d'ambassade
Arts, Entertainment, and Recreation	artiste-peintre; bronzes; cartomancier; coloriste; compositeur de musique; couleurs; homme de lettres; manège; peintre-artiste; photographe; photographeur; pianiste; plans et reliefs; prestidigitateur; sculpteur-statuariaire
Building and Car Rental	appartements meublés; hotel garni; hotel meublé; loueur de voitures; maison meublée; pension; taverne
Clothing and clothing accessories Manufacturers/Retailers	bijoutier; bonnetier; bottier; bouton; broderies; canne; capote; casquettes; châle; chapelier; chaussures; chemisier; cheveu; cirage; coiffe; collier; cordonnier; corset; couturière; dentelles; fourrure; mercerie; modes; orfèvre; pailon; parapluies; passementier; perle; perruque; robes; robes et manteaux; sabot; soie; tailleur; toilette
Construction and Public Works	bitume; carrier; charpentier; couvreur; entrepreneur de maçonnerie; maçon; parquet; paveur; peintre en bâtiment; persienne; plombier; serrurier; tolier; travaux; trottoir; tuilier
Cosmetics, Beauty Supplies, and Perfume Retailers	coiffeur; parfumeur
Educational Services	censeur au ... (ex: lycée); doyen de ... (ex: la faculté); externat; institution; pensionnat; préfet du collège; préparateur; professeur de ...; recteur
Engineering Services	architecte; chimiste; dessinateur; ingénieur; mécanicien
Finance and Insurance	agent d'assurances; agent de change; agent financier; banquiers; employé de banque; incendie assurances/sur la vie; office de placement; receveur de rentes
Food stores	abat; beurre et œufs; bière; biscuits; boucher; boulanger; charcutier; cidre; comestibles; confiseur; conserves; crémier; distillateur; épicer; escargot; fromages; fruitier; grainetier; légume; limonadier; liquoriste; pâtissier; poisson; pommes de terre; primeur; saucisson; sucre; thé; truitier; vins; vins en bouteille; vins en détail; volaille
Full-Service Restaurants	bar; café-restaurant; cafés; grand bouillon; traiteur; vins-restaurant; vins-traiteur
Health Practitioners	chirurgien; chirurgien-dentiste; dentiste; docteur-médecin; herboriste; médecin; officier de santé; pharmacien; sage-femme
Home Furniture and Supplies Manufacturers/Retailers	armoire; bois et charbons; brosseur; cadre; chaise; charbon; charbonnier et vins; chaudronnier; chauffage; cirier; cristallerie/cristaux; drap; ébéniste; faïence; horloger; lingerie; march. de meubles; matelas; menuisier; meubles; miroitier; porcelaines et cristaux; tapisier
Manufacturing	brasserie; brunisseur; carrosserie; carreaux; cartonier; cerclage; chantier; chaudière; cintreur; ciseleur; constructeur de ... (ex: voiture); corroyeur; coutelier; crépin; cuir; cuirage; distillerie; doreur sur bois; emploi général de caoutchouc; enfileuse de ... (ex: perles); enveloppes; fabricant de ...; facteur de ...; ferblantier; fondeur en cuivre; garnisseur de ...; graveur sur métaux; imperméabilisation; layetier; marbrier; maréchal-ferlant; maroquinerie; métaux; opticien; panier; peintre en voiture; perceur; planeur de ...; plaqueur; polisseur; potier; produits chimiques; raffineur de pétrole; retraceur; reperceur; repriseuse; restaurateur de ... (ex: tapisserie); roues; tabletier; teinturier-dégraisseur; tolerie; tonnelier; tordeur de (métal); tourneur en bois; vannier
No Activity, Living of Income	ancien ... (ex: notaire); prince; propriétaire; rentier
Other retailers	ardoises; articles de ...; automatique; bazar; billard; brocanteur; chevaux; coffre-fort; colle forte; curiosité; épinglier; éponge; fleuriste; fourneau; frange; freins; grand dépôt; huiles et graisses; instruments de ...; machine; marchand; nouveautés; papiers cigarettes; parasol; plumassier; quincaillier; sacs; suspension; tabac; tartifuge
Public Administration	bureau de poste; capitaine; chancelier; commissaire de police; conseiller au...; conseiller référendaire; conservateur; courrier; député; employé de ... (hors banque); inspecteur des finances; maire; ministre; préfet; référendaire à ...; sous-chef à ... (ex: l'intérieur)
Publishing Industries	copies; copiste; correcteur; estampes; imprimés; imprimeur-lithographe; libraire; lithographe; papetier; relieur
Related to Agricultural Activities	grains et fourrages; horticulteur; maraicher; nourrisseur; pensionnat pour chevaux
Trade Agents and Brokers	agent commissionnaire; agent d'affaire; agent de commerce; bureau de placement; changeur; commissaire-priseur; commissionnaire; courtier en ... (ex: vins); emballer; facteur de ... (hors instrument de musique); gérance de propriété/d'immeuble; mine; représentant de commerce; représentant de fabrique
Wholesalers Trade	couleurs et ... (ex: vernis); fournisseur; fournitures pour modes; importateur; négociant; papiers peints; ... en gros

Relier les activités à

Étape 5: création d'une typologie (NAICS - US Census Bureau)

- 1 - Administrative and Legal Services
- 2 - Arts, Entertainment, and Recreation
- 3 - Building and Car Rental
- 4 - Clothing and clothing accessories Manufacturers/Retailers
- 5 - Construction and Public Works
- 6 - Cosmetics, Beauty Supplies, and Perfume Retailers
- 7 - Educational Services
- 8 - Engineering Services
- 9 - Finance and Insurance
- 10 - Food stores

méricaines

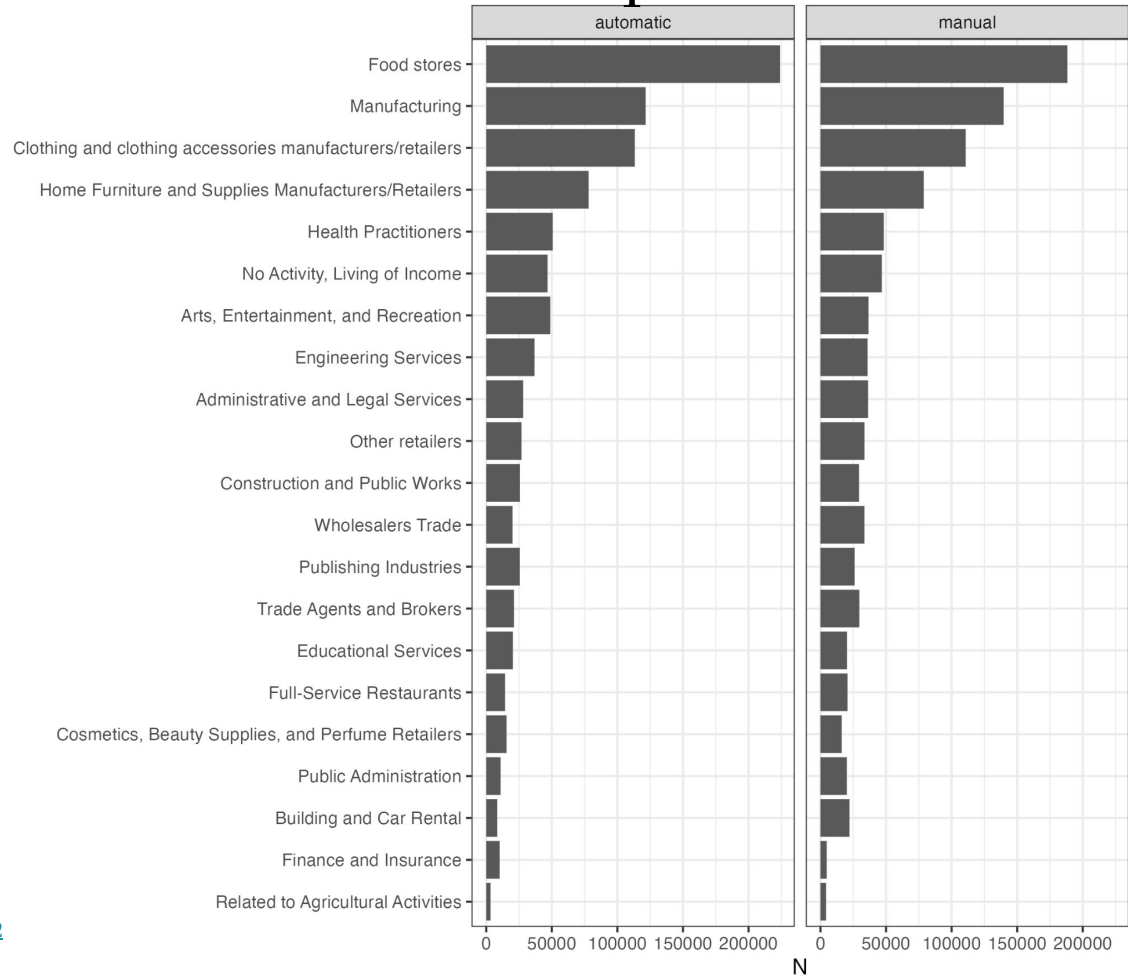
ers/Retailers

Relier les activités à une classification contemporaine

Étape 6: **reprise manuelle de l'attribution des entrées aux catégories d'activités** quand problème du soundex index

- *Début de chaîne de caractère :*
“loueurs de voiture” ≠ “touveurs de voiture”

- *Prononciation considérée comme semblable :*
“tapissier” et “typographe”

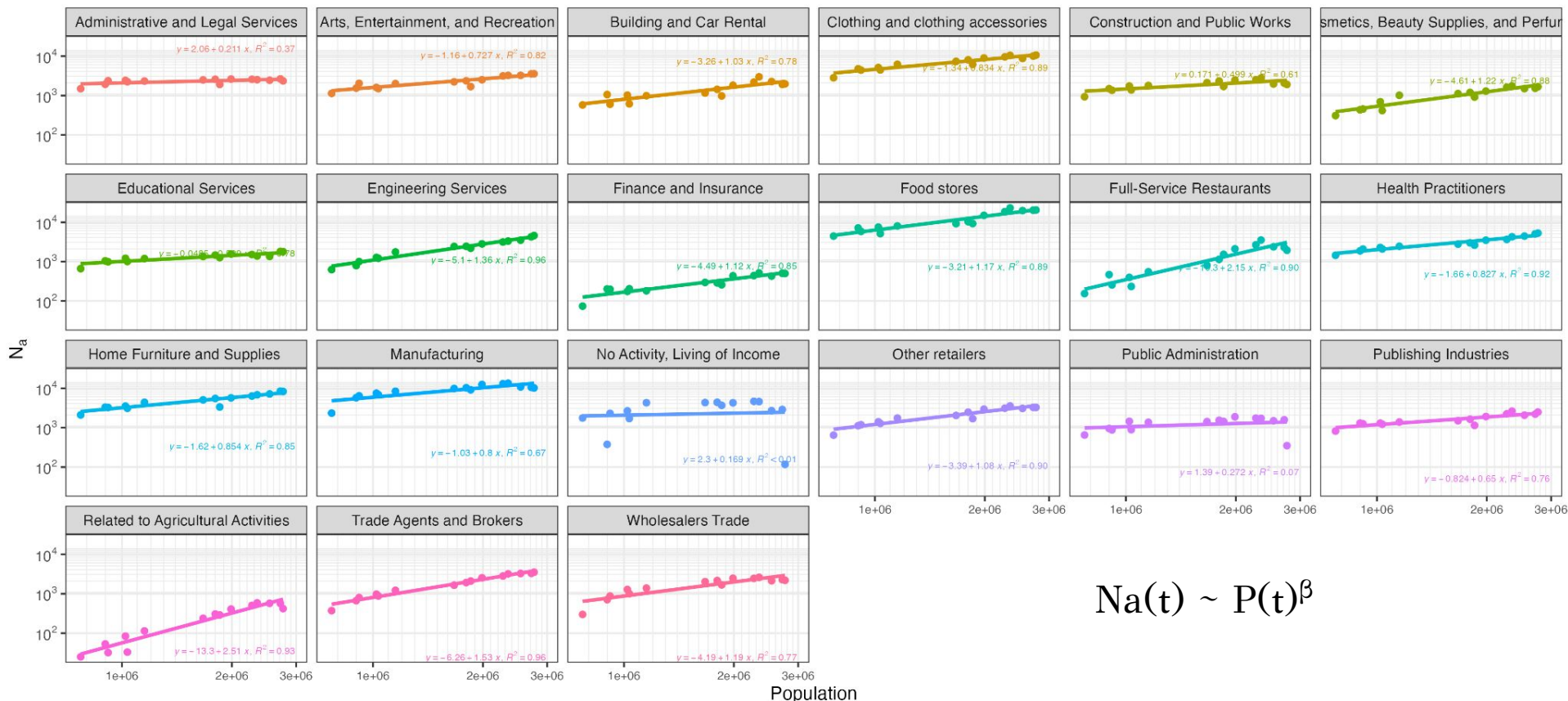


Résultats principaux



scaling et dynamique

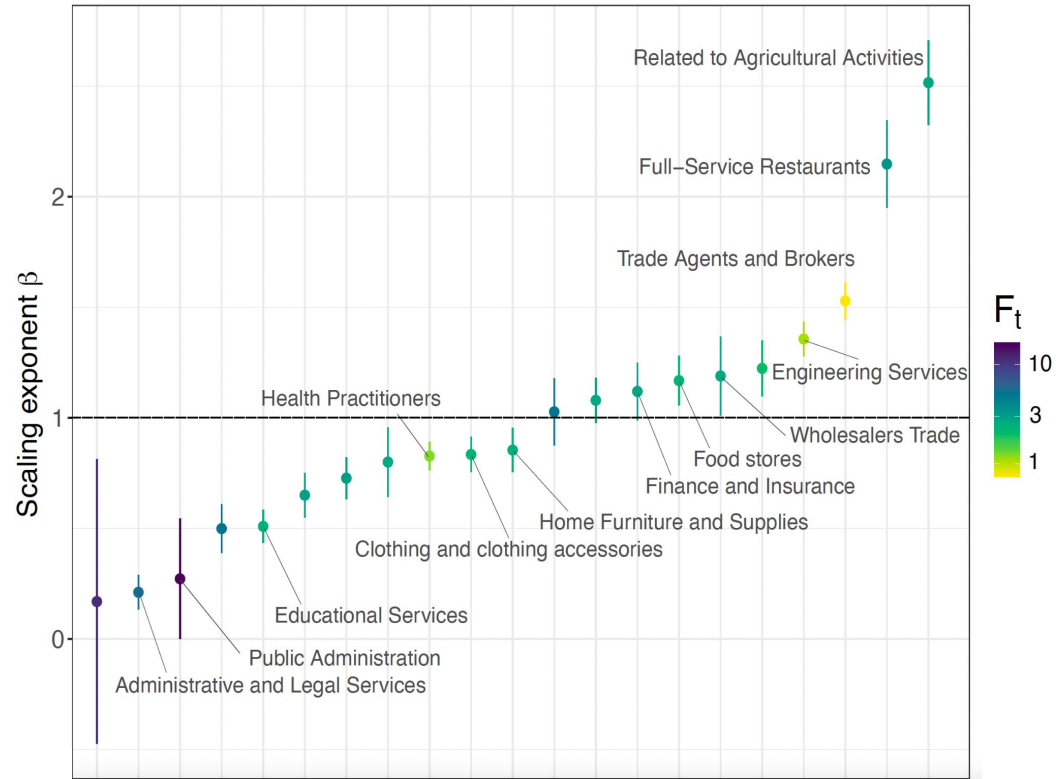
Scaling : nombre d'activités et population (1833-1907)



$$N_a(t) \sim P(t)^\beta$$

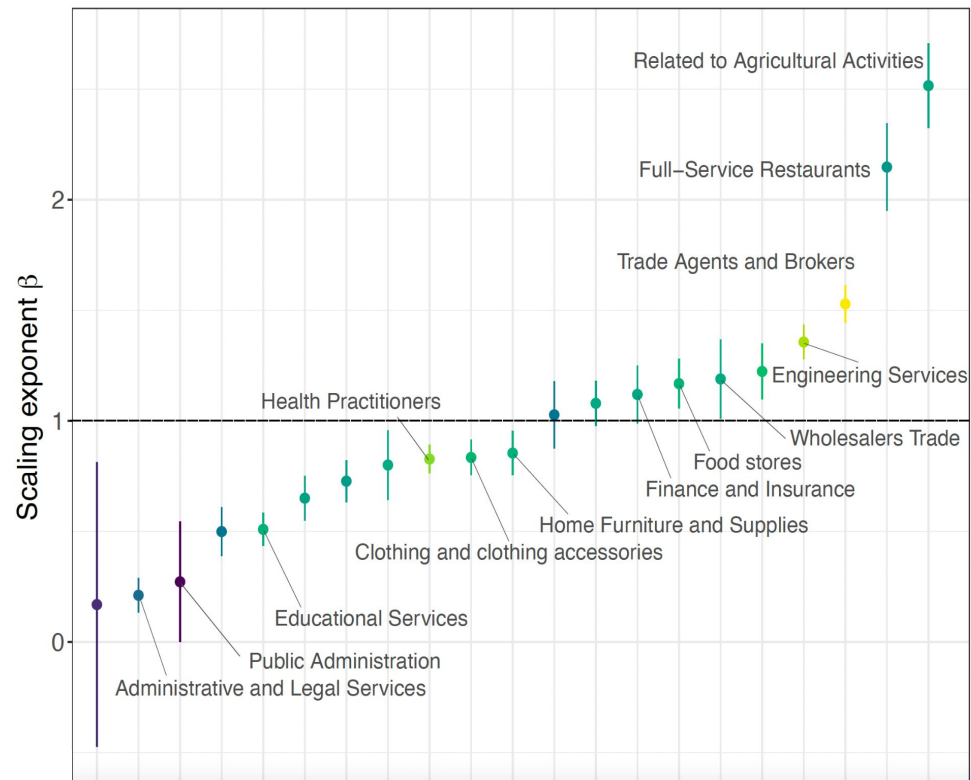
Scaling : nombre d'activités et population (1833-1907)

Catégorie d'activité



Scaling : nombre d'activités et population (1833-1907)

Catégorie d'activité



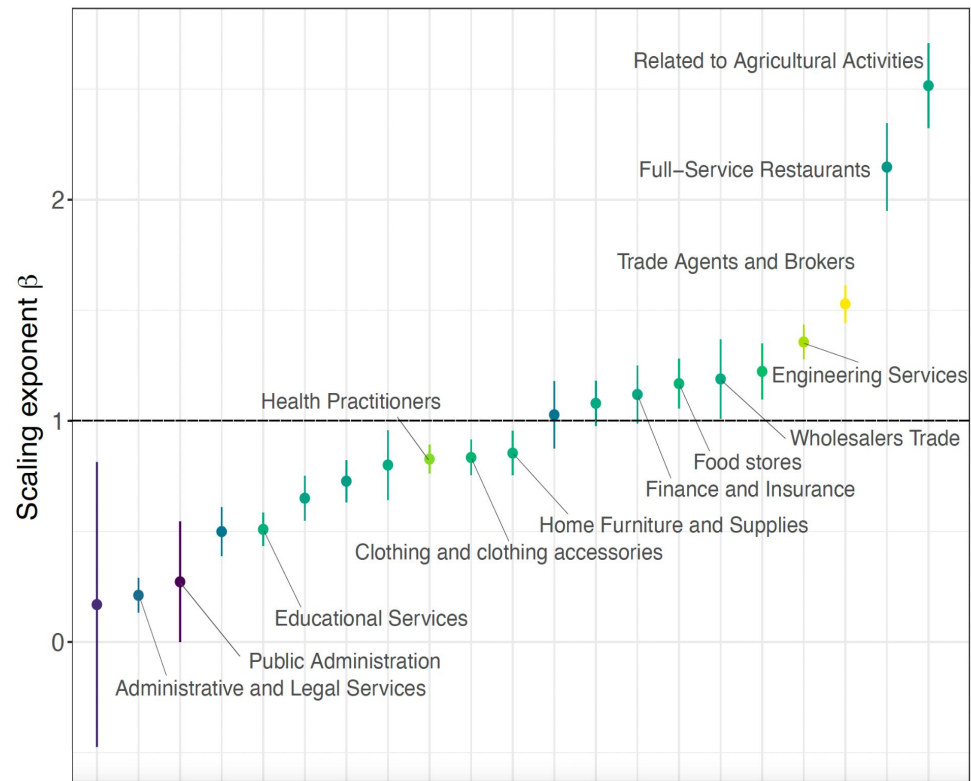
Scaling temporel et transversal (USA, France)

Catégorie d'activité	Paris	U.S.	France
Finance and Insurance	1.12	1.22	1.19
Wholesalers Trade	1.19	1.19	1.07
Health practitioners	0.83	0.95	0.99
Educational services	0.51	1.23	0.97
Arts, Entertainment and Recreation	0.73	1.14	1.10
Construction	0.50	1.05	0.98
Food services	1.17	0.98	0.99
Restaurants	2.15	*0.93	NA

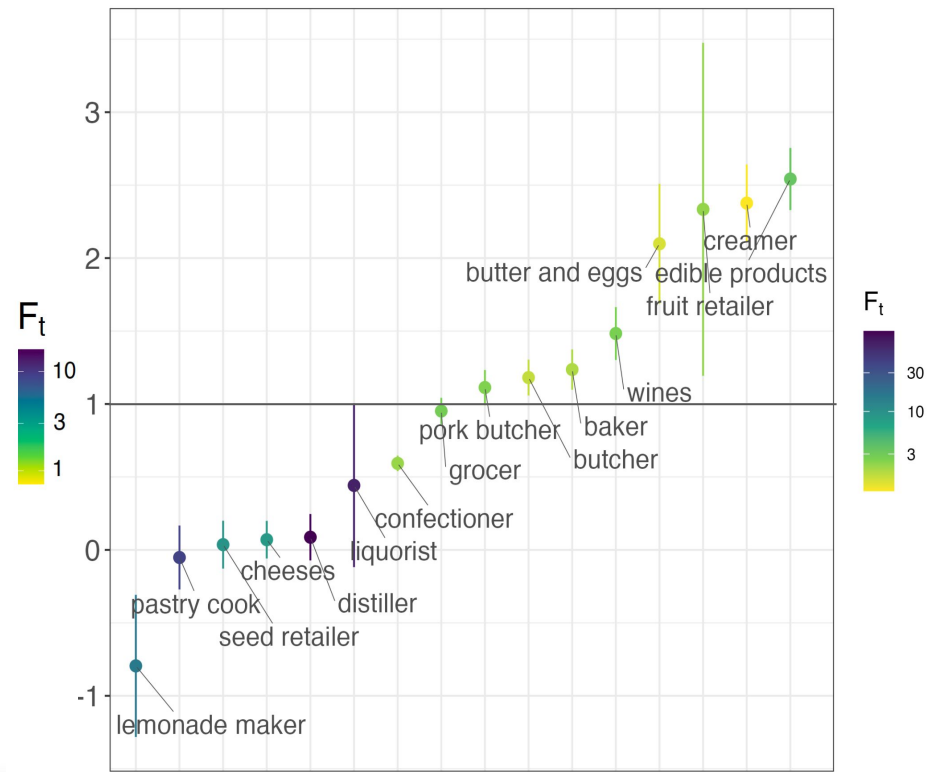
Pumain et al Cybergeog 2007; *Um et al, PNAS 2009

Scaling : nombre d'activités et population (1833-1907)

Catégorie d'activité

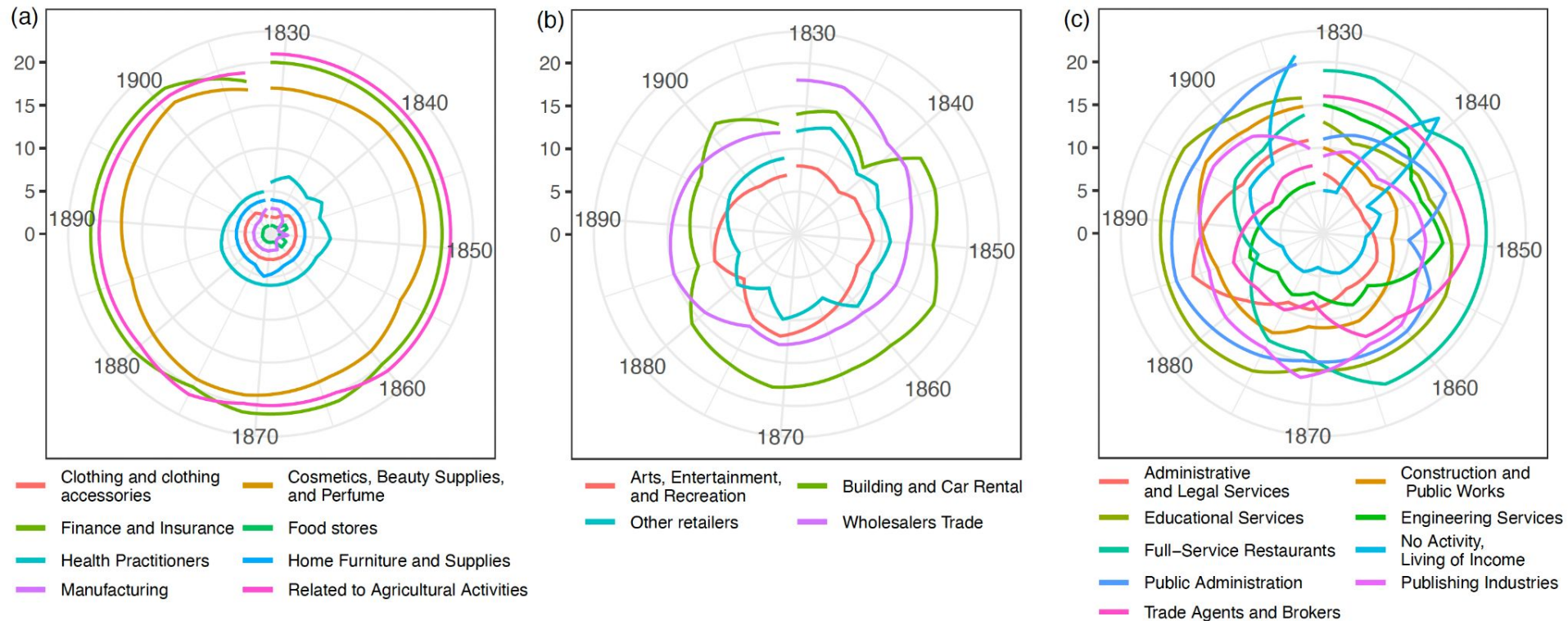


Activités au sein des “Food stores”



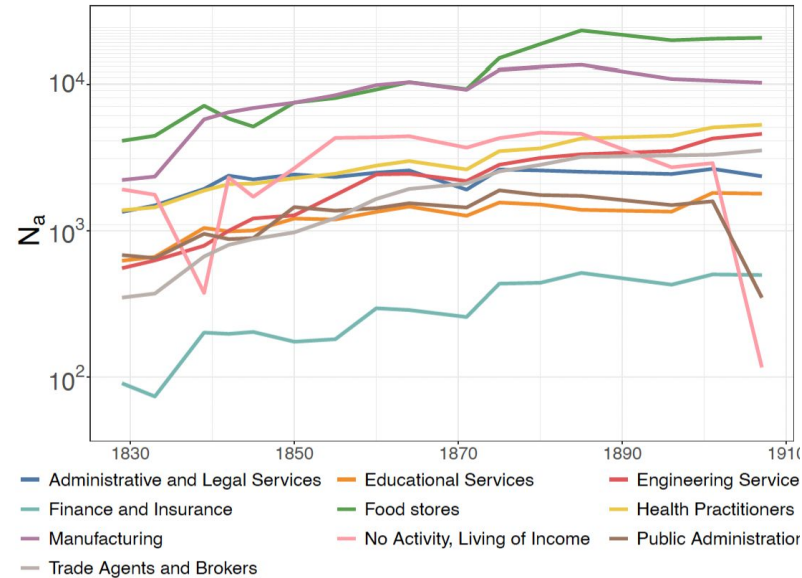
Dynamique des activités : évolution de rangs

Rank clock



Dynamique des activités : effets des fortes perturbations

$$D_a = \frac{S_a^{loc} - \bar{S}_a}{|\bar{S}_a|}$$



Catégorie d'activité	\bar{S}_a	1855-1875	1864-1871	1871-1875
		D_a	D_a	D_a
Administrative and Legal Services	12.96	0.12	-8.41	12.67
Arts, Entertainment, and Recreation	30.22	-0.16	-4.21	5.86
Building and Car Rental	18.10	1.29	-4.62	10.64
Clothing and clothing accessories	101.58	0.36	-3.67	5.92
Construction and Public Works	13.78	1.39	-7.68	12.86
Cosmetics, Beauty Supplies, and Perfume Retailers	17.74	-0.22	-3.31	4.34
Educational Services	14.97	0.22	-2.88	3.89
Engineering Services	51.68	0.04	-1.73	2.09
Finance and Insurance	5.23	1.43	-1.82	7.51
Food stores	210.42	0.64	-1.74	5.77
Full-Service Restaurants	22.76	2.41	1.44	5.34
Health Practitioners	50.17	0.04	-2.06	3.36
Home Furniture and Supplies	79.4	-0.17	-4.88	6.44
Manufacturing	102.99	0.98	-2.61	7.08
No Activity, Living of Income*	-23.09	0.96	-3.5	7.46
Other retailers	33.99	0.75	-4.26	8.2
Public Administration*	-4.27	7.06	-2.38	27.18
Publishing Industries	21.06	1.05	-2.15	7.87
Related to Agricultural Activities	12.6	0.25	-4.34	8.19
Trade Agents and Brokers	5.01	1.93	-1.46	4.88
Wholesalers Trade	40.72	0.62	-0.4	1.71
Wholesalers Trade	24.55	1.21	-3.83	7.09

* *Italique* résultats fondés sur la pente moyenne de la période 1829-1901

Conclusion

- Typologie des activités urbaines (scaling temporel) :
 - $\beta \approx 1$: activités intrinsèques à la croissance de la population (ex: épiciers, loueurs de voitures, de meublés et de garnis)
 - $\beta < 1$: activités mutualisées (ex: institutions d'éducatons et professeurs)
 - $\beta > 1$: activités spécifiques à un effet de mode, une taille de ville, une spécialisation urbaine (ex: vendeurs de vins, nourrisseurs, cafés et restaurants)
- Dynamique des activités urbaines :
 - Activités aux rangs mineur et majeur maintiennent leurs places
 - La période haussmannienne et celle des années 1870-1871 ont de fortes incidences sur la dynamique des activités

« Lois d'échelle » et dynamiques des activités urbaines dans une ville en croissance

MERCI