

THÈSE

Soutenue le 30/01/2014 à Paris
En vue de l'obtention du grade académique de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DU LUXEMBOURG

EN Géographie

ET

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ PARIS DIDEROT

EN Géographie

par

Marion Le Texier

née le 25 septembre 1986 à Paris (France)

LES CIRCULATIONS INTERNATIONALES EN EUROPE AU
XXIÈME SIÈCLE. DE L'ÉTUDE DES CIRCULATIONS
MONÉTAIRES À LA MODÉLISATION D'UN SYSTÈME
COMPLEXE.

Jury de thèse

Pr. Claude Grasland, directeur de thèse
Université Paris Diderot

Ass. Pr. Geoffrey Caruso
Université du Luxembourg

Pr. Isabelle Thomas, rapporteur
Université Catholique de Louvain

Pr. Roberto Camagni, rapporteur
Ecole Polytechnique de Milan

Pr. Lena Sanders, président
*Directeur de Recherches, CNRS, UMR
Géographie-Cités*

Pr. Christian Schulz, examinateur
Université du Luxembourg

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Claude Grasland, Geoffrey Caruso et France Guérin-Pace pour m'avoir encadrée et pour la confiance qu'ils m'ont accordée au cours de ces quatre années de thèse. J'espère que notre collaboration continuera, car j'ai encore beaucoup à apprendre à vos côtés.

Claude, c'est votre cours de Géographie de l'Europe que j'ai suivi lorsque j'étais étudiante en licence 3 qui a déclenché mon envie de *faire de la géographie*. Merci, donc, de m'avoir accompagnée dès mes premiers pas sur les chemins tortueux des approches comparatistes et de la géographie théorique et quantitative. Merci d'avoir continué par la suite et d'avoir accepté de diriger ce travail de thèse.

Geoffrey, je tiens à te remercier de m'avoir encouragée à faire de la recherche et de m'avoir fait prendre conscience que j'en avais les capacités. Merci de m'avoir convaincue à de nombreuses reprises que certaines limites n'existaient que dans mon esprit, et que quand on ne sait pas, on apprend !

France, puisque que tu as été pour moi une véritable directrice de thèse. Tes questions, remarques et relectures attentionnées m'ont permis de mieux formuler ma pensée et d'apprendre à la rendre compréhensible par d'autres que moi et moi-même. Merci encore pour le temps et la confiance que tu m'as accordés.

Je tiens aussi à remercier sincèrement Roberto Camagni, Georges Depeyrot, Lena Sanders, Christian Schulz et Isabelle Thomas qui m'ont fait l'honneur d'examiner et de rapporter ce mémoire. Merci également pour les discussions enrichissantes que nous avons pu avoir, que ce soit au cours de ma formation universitaire, lors de réunions ou de conférences, au détour d'un couloir ou autour d'une tasse de café.

Nombreuses sont les personnes que je souhaiterais remercier à Géographie-Cités, où j'ai réalisé la plus grande partie de ma thèse. Ces quatre années ont été superbes d'un point de vue scientifique et humain.

Hélène, merci pour tous tes conseils, ta pédagogie, ta sympathie. C'était une chance extraordinaire que de travailler à quelques pas de toi, d'avoir fait partie de projets communs, bref d'avoir appris à tes côtés.

Je tenais également à vous remercier, François, pour tout ce que vous m'avez apporté, que ce soit par vos écrits ou par votre suivi bienveillant.

Pour avoir pris le temps de répondre à mes questions et aiguiller mes réflexions, je tiens à remercier Julie et Arnaud, mais aussi Sophie, Christine, Myriam, Antoine, Anne, Christophe, pour leurs attentions et leurs conseils. Céline, je tenais à te remercier plus particulièrement pour m'avoir offert l'opportunité d'enseigner à Reims et plus généralement pour m'avoir guidée dans mon parcours de doctorant à l'UMR. Martine, Véronique, Saber, Lilliane, Antonin, François, merci pour votre aide si précieuse et l'attention avec laquelle vous l'avez apportée.

Et puis, je tiens à adresser un immense merci aux anciens et nouveaux résidents de la salle des doctorants, du Coolin, du bar à Stavros, pique-niqueurs du pont des arts, ou footballeurs du dimanche, entre autres. A ce titre, je souhaiterais remercier plus particulièrement :

- Thomas, Delphine, Florent, Antoine, Laurent, Elodie(s), Anne-Lise, Ioanna qui ont déserté cette salle depuis quelques temps mais avec qui j'ai eu la chance de partager de très beaux moments,
- Pierre, Stavros, Charlène, Matthieu, Sylvain, Caroline, qui ont été de vraies boussoles dans mes débuts de doctorante et pour lesquels ma sympathie dépasse largement la bonne camaraderie entre collègues,
- Hadri, Clara, Dimitra, Seb, Elfie, Jean-Baptiste, Julie, bref, la fine fleur de la génération 2009/10, véritables compagnons de route, sans l'amitié et le support desquels la réalisation de cette thèse n'aurait pas été aussi aisée,
- Romain, Mathieu et Paul, qui habitent la petite pièce qui sent fort au 4ème et qui sont certainement pour beaucoup si je peux désormais rire devant une t-shirt où il est écrit « declare variables, not wars »,
- et puis les plus petits qui sont déjà devenus grands : Clémentine, Solène, Zoé, Robin, Olivier, Etienne, Sylvestre, Brenda, Julie, Dorian, Antonio, Maria Luisa, qu'il me

semble connaître depuis le tout début et qui sont pour beaucoup si nombre des personnes que je viens de citer sont devenues de vrais lamibos...

Merci une nouvelle fois à Erwan, Etienne, Pierre, Hélène, Clémentine, Sylvestre, Robin et François d'avoir accepté la tâche ardue de relecteur de dernière minute : chasse aux coquilles, rééducation du phrasé, et j'en passe certainement !

Ce travail de thèse a été réalisé dans le cadre d'une cotutelle avec l'Université du Luxembourg. J'ai donc eu la chance de pouvoir travailler avec de nombreuses personnes dans ce pays : Marie-Line, Olga, et l'ensemble de l'équipe IPSE. Je tiens également à remercier Christophe Sohn qui m'a permis d'utiliser les résultats de l'enquête du CEPS-Instead et m'a accueillie dans les locaux du CEPS au printemps 2010.

Cette thèse a également bénéficié d'un financement par le Fonds National de la Recherche Luxembourgeois, qui m'a permis de me consacrer entièrement à la réalisation de ce travail pendant quatre années.

Je souhaiterais aussi remercier les membres du Riate pour leur accueil et leur gentillesse, ainsi que Bénédicte et Elisabeth à l'Ined d'avoir pris le temps de répondre à mes nombreuses questions méthodologiques et m'avoir fait découvrir Rennes avec tant de bonne humeur à l'occasion du septième colloque francophone sur les sondages.

Car les colloques sont l'occasion de tisser des liens hors de ces attaches ordinaires, je souhaiterais remercier Kawtar et Sébastien pour les échanges amicaux que nous avons pu avoir.

J'adresse également un énorme merci à ma famille et à mes amis, pour m'avoir soutenue durant toutes ces années, m'avoir permis de relativiser les petits tracasseries de la vie de thésard, pour tout.

Mes dernières pensées sont pour Erwan. Merci...

Table des matières condensée

Introduction générale	xiv
 Partie I Définir les territoires de l'intégration européenne par l'étude de la répartition monétaire	 1
 Introduction de la première partie	 3
 1 De la circulation des euros à la caractérisation de l'internationalisation des territoires	 7
 2 L'étude de la circulation monétaire comme marqueur des relations entre sociétés	 28
 3 Du contenu des porte-monnaie à l'interprétation des traces de la mo- bilité internationale dans la zone euro : le nécessaire filtrage des données	 51
 Conclusion de la première partie	 89

Partie II	Modélisation empirique de la diffusion des pièces euro étrangères en France (juin 2002 - décembre 2011) et au Luxembourg (mars - août 2006)	91
	Introduction de la seconde partie	93
4	Modélisation de la diffusion spatio-temporelle des pièces euro	97
5	Modélisation des effets territoriaux et sociaux sur l'internationalisation des porte-monnaie	130
	Conclusion de la seconde partie	174
Partie III	Simulation de la diffusion des pièces euro étrangères en France, Belgique, Allemagne, Luxembourg et Pays-Bas	177
	Introduction de la troisième partie	179
6	Formalisme du modèle	183
7	De l'effet de la structure géographique sur la diffusion des pièces étrangères	214
	Conclusion de la troisième partie	248
	Conclusion générale	252
Partie IV	Annexes	258
A	Compléments au chapitre 3	260
B	Méthodologie de la partie 2	264
C	Compléments au chapitre 4	269
D	Compléments au chapitre 5	273

E Compléments au chapitre 6	281
F Compléments au chapitre 7	284
Bibliographie	288
Liste des tableaux	313
Table des figures	317

Table des matières

Introduction générale	xiv
 Partie I Définir les territoires de l'intégration européenne par l'étude de la répartition monétaire	 1
Introduction de la première partie	3
 1 De la circulation des euros à la caractérisation de l'internationalisation des territoires	 7
1.1 Analyser les mobilités individuelles pour caractériser l'intégration spatiale des territoires européens	8
1.1.1 L'intégration monétaire en Europe	8
1.1.2 Émergence de la notion d'intégration spatiale	13
1.1.3 Interactions individuelles et échanges monétaires dans l'espace eu- ropéen	16
1.2 Mesurer l'intégration des territoires par le biais des mobilités internationales	18
1.2.1 L'observation des mobilités dans l'espace et dans le temps	19
1.2.2 Mobilités individuelles et circulation des euros	21
1.3 Proposition d'un cadre conceptuel et empirique de l'internationalisation des territoires	23

1.3.1	Intensité de l'internationalisation	24
1.3.2	Diversité de l'internationalisation	24
1.3.3	Portée de l'internationalisation	26
2	L'étude de la circulation monétaire comme marqueur des relations entre sociétés	28
2.1	Etude des circulations monétaires anciennes	29
2.1.1	Historiographie de l'usage de la monnaie comme source	29
2.1.2	Les principaux questionnements des historiens de l'Antiquité et du Moyen-Age concernant la circulation des monnaies métalliques . . .	36
2.2	Etude de la circulation monétaire actuelle	42
2.2.1	Vers une géographie contemporaine de la circulation monétaire . . .	42
2.2.2	Etudier la dynamique de la diffusion monétaire	46
3	Du contenu des porte-monnaie à l'interprétation des traces de la mobilité internationale dans la zone euro : le nécessaire filtrage des données	51
3.1	Comment enregistrer les mobilités individuelles ?	52
3.1.1	Différentes formes de traqueurs	52
3.1.2	Traquer la circulation de la monnaie	55
3.2	Les enquêtes ESDO, outil d'analyse de la mobilité monétaire et humaine .	57
3.2.1	Méthodologie des enquêtes	58
3.2.2	La question sur l'euro : une enquête dans l'enquête ?	59
3.2.3	Richesse de la base de données ESDO : 10 années d'observation ; 4 pays enquêtés	62
3.3	Quand, où et comment observer la circulation des pièces de monnaie ? . . .	66
3.3.1	La répartition monétaire comme trace des mobilités individuelles . .	66
3.3.2	Le porte-monnaie, un prisme particulier d'observation des pièces ? .	67
3.4	Caractériser les relations entre pièce, porte-monnaie, et porteur de monnaie	73
3.4.1	Pièce et porte-monnaie	74
3.4.2	Porte-monnaie et porteur de monnaie	77
3.4.3	Variations européennes	82
3.4.4	Stratégies de paiement des porteurs	83

Conclusion de la première partie	89
 Partie II Modélisation empirique de la diffusion des pièces euro étrangères en France (juin 2002 - décembre 2011) et au Luxembourg (mars - août 2006)	 91
Introduction de la seconde partie	93
 4 Modélisation de la diffusion spatio-temporelle des pièces euro	 97
4.1 Les effets structurels de la présence des pièces étrangères dans les porte-monnaie	99
4.1.1 Hypothèses générales sur les effets mécaniques de l'internationalisation des porte-monnaie	99
4.1.2 Modéliser les effets de la composition du porte-monnaie et les effets temporels	103
4.2 L'effet spatial de la présence des pièces étrangères dans les porte-monnaie : la diffusion depuis les frontières	107
4.2.1 Hypothèses générales concernant les effets de la proximité spatiale sur l'internationalisation des porte-monnaie	107
4.2.2 L'impact de la distance aux frontières	111
4.3 Validation du modèle d'interaction spatio-temporelle en fonction des périodes d'enquête, des origines de pièces et des mesures d'internationalisation	116
4.3.1 Sous-modèles temporels	116
4.3.2 Spécifications par origines de pièces	119
4.3.3 Applications aux trois indicateurs d'internationalisation	125
 5 Modélisation des effets territoriaux et sociaux sur l'internationalisation des porte-monnaie	 130
5.1 Les effets attendus des appartenances territoriales et sociales sur l'internationalisation des porte-monnaie	132
5.1.1 Infrastructures de transport et de communication	132
5.1.2 Intégration à l'économie mondiale	134
5.1.3 Mobiles et hyper-mobiles de l'international	135

5.1.4	Segmentations socio-spatiales	136
5.2	Modélisation des inégalités socio-territoriales d'internationalisation en France (juin 2002 - décembre 2011)	137
5.2.1	Caractérisation des variations territoriales de l'internationalisation des porte-monnaie	138
5.2.2	Caractérisation des variations individuelles de l'internationalisation des porte-monnaie	149
5.3	Une analyse multi-échelle des différentiels d'internationalisation des terri- toires locaux : le cas du Luxembourg (mars à août 2006)	162
5.3.1	Le Luxembourg, un espace métropolitain transfrontalier	162
5.3.2	Présentation des territoires et données d'études	164
5.3.3	Proximités territoriales et internationalisation des porte-monnaie . .	168
Conclusion de la seconde partie		174
 Partie III Simulation de la diffusion des pièces euro étran- gères en France, Belgique, Allemagne, Luxembourg et Pays- Bas		177
 Introduction de la troisième partie		179
 6 Formalisme du modèle		183
6.1	Méthodologie	184
6.1.1	Hasard, temps et comportements individuels dans les modèles d'in- teraction spatiale	184
6.1.2	Modèles de simulation de la diffusion des pièces	189
6.2	Modèles	191
6.2.1	Définitions et hypothèses générales	191
6.2.2	Ensemble de modèles	193
6.3	Simulations théoriques	202
6.3.1	Paramètres exogènes	202
6.3.2	Résultats	202
6.4	Calibrage : France <i>versus</i> zone euro	208

7 De l'effet de la structure géographique sur la diffusion des pièces étrangères	214
7.1 Nouvelles composantes et dynamiques du modèle	216
7.1.1 Présentation du système territorial commun aux différents systèmes	217
7.1.2 Augmentation incrémentale du réalisme de la structure géographique du modèle	218
7.1.3 Une variété de mobilités et de destinations	224
7.2 Analyses de l'effet de la structure spatiale sur les comportements du modèle de simulation	225
7.2.1 Valeurs des paramètres exogènes	226
7.2.2 Vitesse de convergence des régions vers un mélange parfait	227
7.2.3 Facteurs de la sensibilité régionale à l'aléa selon le type de systèmes	231
7.2.4 Comparaison des tendances et amplitudes des comportements des systèmes spatiaux théoriques et empiriques	235
7.3 Calibrage du modèle et estimation de l'internationalisation des territoires infra-européens	237
7.3.1 Présentation des données collectées	238
7.3.2 Ajustement général	239
7.3.3 Variations des erreurs d'estimation individuelles à travers le temps .	241
7.3.4 Variations des erreurs d'estimation individuelles à travers l'espace .	242
7.3.5 Circulations internationales observées et simulées des euro	244
Conclusion de la troisième partie	248
Conclusion générale	252
Partie IV Annexes	258
A Compléments au chapitre 3	260
A.1 Question sur l'euro	260
A.2 Répartitions des catégories de répondants (échantillons redressés) avant et après retrait des personnes n'ayant pas ouvert leur porte-monnaie. En- quêtes ESDO, 30963 personnes interrogées, 22512 répondants à l'ESDO. . .	261

A.3	Description de la variable "catégories d'habitat" issue de l'enquête belge par l'institut de sondage ISL	263
B	Méthodologie de la partie 2	264
B.1	Modèle retenu	264
B.2	Qualité du modèle	267
B.3	Pouvoir explicatif des facteurs	267
B.4	Effets des facteurs	267
C	Compléments au chapitre 4	269
C.1	Analyse de la structure des résidus du Modèle I	269
C.2	Analyse de la structure des résidus du Modèle II	271
D	Compléments au chapitre 5	273
D.1	Localisation des communes de résidence des porteurs de monnaie en France (enquêtes ESDO de juin 2002 à décembre 2011)	273
D.2	Polarisation sociale en Ile-de-France en 1999 et 2007 (Fleury <i>et al.</i> 2012) .	274
D.3	Contributions et représentations des individus et variables aux deux premiers axes des analyses factoriels	276
D.3.1	Cantons	276
D.3.2	Communes	278
D.4	Densité de population en France (source : Recensement de la population, 2006)	279
E	Compléments au chapitre 6	281
E.1	Formalisme en temps discret	281
E.2	Formalisme en temps continu	282
F	Compléments au chapitre 7	284
F.1	Calibration du modèle sans différentiels de population ou d'attractivité touristique des régions européennes.	284
F.1.1	Valeurs des paramètres de taux de mobilité et de pondération de la population après calibration.	284

F.1.2	Distribution des erreurs individuelles au cours du temps.	285
F.1.3	Distribution des erreurs individuelles dans l'espace.	285
F.2	Calibration du modèle sans différentiels d'attractivité touristique des ré- gions européennes.	286
F.2.1	Valeurs des paramètres de taux de mobilité et de pondération de la population après calibration.	286
F.2.2	Distribution des erreurs individuelles au cours du temps.	286
F.2.3	Distribution des erreurs individuelles dans l'espace.	287
Bibliographie		288
Liste des tableaux		313
Table des figures		317

Introduction générale

*J'ai débuté ma carrière
Dans un hold-up audacieux
[...] Je me suis multiplié
[...] Voyageé dans des malles
Dans des fourgons, des tablettes
Dans des jeans ou de la soie
En Jaguar et en Matra
J' suis même passé dans vos poches
[...] Si tu savais ce que je sais
Dans quelles mains je suis passé
Tu t'en ferais pas beaucoup
Pour ta p'tite éternité*

Bernard Lavilliers, Les Aventures Extraordinaires D'un Billet De Banque, 1975.

Avant de commencer la lecture de cette thèse, prenez avec vous votre porte-monnaie, ouvrez-le et classez les pièces en fonction de leurs valeurs. Retournez les ensuite côté face et, à l'aide des symboles nationaux, trie-les selon le pays d'émission.

Maintenant, demandez-vous : « Combien ai-je de pièces étrangères ? De quels pays proviennent-elles ? Est-ce qu'un pays est plus représenté que les autres ? Quelle distance chacune de ces pièces a dû parcourir pour se retrouver dans mon porte-monnaie ? »

Il est à parier que la majorité de vos pièces en cuivre proviennent de votre pays de résidence, alors que vos pièces de 50 cents ou plus sont probablement originaires d'un pays étranger. Il y a d'ailleurs de fortes chances que les pièces émises par un pays voisin

du vôtre soient les plus nombreuses. En outre, si la personne qui faisait la queue devant vous à la boulangerie ce matin revenait d'un voyage en Andalousie, ne vous étonnez pas de vous retrouver avec une forte proportion de pièces espagnoles.

Celui qui, sans vous connaître, étudierait votre porte-monnaie serait ainsi en mesure, s'il disposait des outils appropriés, de déterminer un certain nombre d'informations vous concernant comme votre lieu de vie, votre âge, votre activité professionnelle ou encore les derniers déplacements que vous avez effectués.

Imaginez-vous qu'en allant acheter votre pain, vous laisseriez derrière vous de telles traces ?

Les pièces euro sont en effet un objet privilégié pour observer les circulations internationales en Europe. A ce titre, elles intéressent le géographe qui cherche à définir les chemins de la mobilité dans cette partie du monde et à mesurer l'intégration de ses différents territoires. Manifestation concrète de l'unité européenne et symbole de son identité, la monnaie unique reste malgré tout un objet délicat à manier pour le chercheur car les problématiques qu'elle soulève suscitent un vif intérêt médiatique.

L'euro, marqueur symbolique de la construction européenne

Quelques jours après la sortie en mai 2012 d'un numéro de *Populations et Sociétés* intitulé « Les euros dix ans après leur mise en circulation » (Grasland *et al.* 2012), la diversité et l'ampleur des réactions médiatiques ont une nouvelle fois témoigné de l'intérêt suscité par la monnaie unique européenne. Les résultats concernant les lieux d'origine et la vitesse de diffusion des euros étrangers sur le territoire français ont été repris dans de nombreux journaux, blogs ou émissions de radio. Dans la plupart des cas, il ne s'agissait que d'une retranscription des termes des auteurs ou des propos de la dépêche Agence France Presse qui avait signalé la publication de l'article. D'autres ont cependant tenté d'établir un lien avec les questions d'intégration économique et sociale en Europe.

Le champ lexical des migrations et des mobilités figurait ainsi au coeur de la plupart de ces articles. Le discours se voulait tantôt optimiste, comme lorsque la circulation des euros était associée au phénomène de « transhumance » (Jean-Pierre Robin, *Le Figaro*, 18 mai 2012), les pièces ne « se privant pas de voyager en Europe » (Benoît Toussaint, *Le Point*, 10 mai 2012). Ce dernier article poussait même plus loin la personnification des « euros voyageurs », puisqu'il faisait de certaines pièces des « championnes de la circulation » quand d'autres étaient « plus casanières ». Ce parti-pris favorable pointait également dans l'article de Jean-Pierre Robin (*Le Figaro*, 18 mai 2012), celui-ci déclarant qu'un individu possédant un porte-monnaie fortement internationalisé était un « vrai Européen, quelqu'un qui se frotte aux autres citoyens de la zone euro ».

A l'inverse, certains articles affichaient une réserve face à l'arrivée croissante de pièces euro frappées à l'étranger. Dans le journal *La Croix* du 3 mai 2012, le journaliste économique Michel Waintrop titrait ainsi son article « Les euros français résistent aux euros étrangers ». Le journaliste économique du quotidien *La Tribune*, Philippe Mabilie, affichait une réserve confinant au protectionnisme monétaire lorsqu'il se demandait « qui sont ces euros étrangers qui envahissent nos poches ? », ou concluait à une « domination » de la France du Nord-Est par les euros allemands et voyait dans la diffusion des pièces « une forme d'allégorie à la crise de la dette qui voit s'opposer le bon euro du nord et le mauvais euro du sud ». Bertrand de Volontat, journaliste économique au quotidien gratuit *20 Minutes*, tenait un discours proche lorsqu'il constatait que « plus l'euro continuera de s'ouvrir à de nouvelles nations, moins de pièces françaises occuperont nos porte-monnaie. Pour ceux à qui cela déplaît, il est désormais trop tard pour voter Nicolas Dupont-Aignan¹ ».

La polémique suscitée par cet article sur la circulation des euros² en illustre pleinement la valeur symbolique. La relation entre monnaie et identité collective n'est pas chose neuve, la monnaie ayant été considérée de longue date comme un vecteur majeur de la souveraineté des états (Helleiner 1999). Outre ses dimensions économiques et financières évidentes, la monnaie unique représente ainsi l'une des principales tentatives de l'Union Européenne pour développer un sentiment d'appartenance à une Europe unie tant d'un point de vue culturel, que politique ou économique (Raento *et al.* 2004).

Cette dimension identitaire est d'autant plus probante que les faces communes des pièces euro tendent à suggérer une vision d'une Europe intégrée. Les pièces de 1 et 2 euros représentent ainsi une « Europe sans frontières », les pièces de 10, 20 et 50 cents figurent une Europe des nations, et sur les pièces de 1, 2 et 5 cents, un globe présentant l'Europe dans le monde (au regard de son voisinage immédiat que constituent l'Afrique et l'Asie) est dessiné (figure 1)³.

L'étude de la circulation des pièces euro apparaît donc comme une entrée pertinente dans la problématique plus large du processus de construction matérielle et symbolique de l'Union européenne.

1. Nicolas Dupont-Aignan est un acteur politique français, président du parti nationaliste et anti-européen *Debout La République*.

2. Et à laquelle nous avons sans le vouloir participé, nos propos lors d'un entretien avec l'hebdomadaire *Marianne*, plutôt critique avec la monnaie unique, ayant été repris dans un sens autre que celui que nous lui donnions. Alors que nous expliquions que les modèles épidémiologiques étaient les plus à même de décrire la diffusion des euros, l'auteur de l'article se demandait « à l'aune de cette analogie, où en est la diffusion de la maladie ? », *Marianne* du 06/05/2013.

3. Avec l'entrée de la Slovaquie et de la Slovénie dans la zone euro en janvier 2008, les faces communes des pièces jaunes et grises ont été modifiées afin de représenter une carte géographique de l'Europe plus complète. La Norvège et les pays du centre-est européen figurent désormais sur les pièces, et les frontières nationales ont été effacées.



FIGURE 1 – Pièces de monnaie et affirmation de l'appartenance européenne. (Source : [http ://www.ecb.europa.eu/](http://www.ecb.europa.eu/))

L'euro, marqueur physique de la construction européenne

Comme moyen de circulation, l'or et l'argent ont sur les autres marchandises cet avantage qu'à leur densité élevée, leur conférant un poids relativement grand pour le petit espace qu'ils occupent, correspond une densité économique leur permettant de contenir sous un petit volume une quantité relativement élevée de temps de travail, c'est-à-dire une grande valeur d'échange. Cela assure la facilité du transport, du transfert de main en main et d'un pays à l'autre, ainsi que l'aptitude à apparaître et à disparaître avec une égale rapidité - bref, la mobilité matérielle, le sine qua non de la marchandise qui doit servir de perpetuum mobile dans le procès de circulation., Karl Marx, Contribution à la critique de l'économie politique, Premier Livre : Le Capital, chapitre deuxième : La monnaie ou la circulation simple, 1859.

En tant qu'intermédiaire des échanges, la pièce de monnaie est, d'après K. Marx (1859), un agent de circulation. Transportée et utilisée par les résidents de la zone euro au cours de leurs transactions quotidiennes depuis le 1er janvier 2002, la monnaie unique matérialise donc un lien concret entre les citoyens européens. L'échange monétaire n'est ainsi pas seulement le fondement de l'économie, c'est aussi, selon le philosophe Georg Simmel « une forme sociologique *sui generis* » (Simmel 1987) cité dans (Sagnol 1988). Si la monnaie accompagne tous les échanges, les pièces euro, qui constituent de la « petite monnaie » du fait de leur faible valeur marchande, sont à même de nous renseigner sur les passages de frontières pour des motifs aussi divers que le travail ou le tourisme.

De ces interactions locales individuelles naissent des structures spatiales plus ou moins repérables et imbriquées, lesquelles témoignent de la capacité différenciée des territoires et des groupes sociaux résidant en leurs seins à s'intégrer dans des réseaux internationaux. En « filtrant » l'information contenue dans les traces de la mobilité internationale laissées par les pièces, il devient possible de séparer le banal du particulier (Tobler 1969) et de fournir une géographie des territoires de l'intégration européenne. L'intensité de la présence des pièces étrangères dans un territoire, la diversité de leurs origines et la longueur des distances qu'elles parcourent pour nous parvenir permettent ainsi de mieux

comprendre la nature des liens que les résidents de ces derniers tissent avec le reste de l'espace européen.

Les pratiques spatiales comme prisme d'analyse

Bien entendu on peut sauter sur sa chaise comme un cabri en disant : l'Europe, l'Europe, l'Europe. Mais ça n'aboutit à rien. Et ça ne signifie rien. Je répète, il faut prendre les choses comme elles sont. Comment sont-elles ?

Charles de Gaulle, 1965.

Notre travail s'attachera ainsi à présenter ce que peut nous apprendre l'étude des traces de relations banales qui se sont tissées de part et d'autre des frontières étatiques ces dix dernières années à l'égard de l'Union européenne. Il s'agira dès lors d'analyser les acteurs, les motifs, les lieux et les temporalités de ces interactions sociales territorialisées au regard de notre hypothèse qui veut que l'inscription spatiale des circulations internationales des pièces en constitue une trace matérielle lisible et interprétable.

A l'inverse d'une lecture normative de l'Union Economique et Monétaire, nous souhaitons donc contribuer aux travaux sur l'espace social européen, que nous définissons comme un ensemble de lieux reliés entre eux par les pratiques spatiales des groupes humains qui les occupent au « rythme de la vie ordinaire des acteurs du quotidien » (Di Méo 1999, p.76). En d'autres termes nous chercherons à localiser, caractériser et analyser les lieux d'échanges internationaux entre européens de nationalités différentes. Dans cette optique nous tenterons notamment de déterminer les facteurs territoriaux et sociaux permettant d'expliquer les mobilités individuelles internationales en Europe.

En somme, nous allons étudier la construction et l'intégration européennes non pas à l'aune des circulations macro-économiques ou des structures institutionnelles mais à la lumière des pratiques individuelles de l'espace dont l'euro constitue à la fois une trace matérielle et un symbole.

Démarche et diversité méthodologique : approches et données

And now you are on your own. If you choose to work one day in the area of diffusion processes you will find a rich and challenging field, for which our ignorance exceeds our knowledge many times !

Peter Gould, 1969.

D'un point de vue méthodologique, notre recherche s'intègre à la problématique plus large de la modélisation des interactions spatiales et de la diffusion des innovations. Ainsi nous efforcerons-nous notamment de déterminer les mécanismes fondamentaux de la diffusion des pièces euro à travers l'espace européen.

Notre première contribution originale réside dans la mobilisation et l'enrichissement du concept d'internationalisation dont nous rendons compte dans le chapitre 1 et qui constitue le fil directeur de l'ensemble des réflexions et analyses menées dans le reste de la thèse. Ainsi avons-nous déterminé trois approches du concept, chacune éclairant une dimension particulière de l'internationalisation et complémentaire aux autres. Nous proposons également des mesures permettant d'en quantifier l'importance absolue et relative en fonction de l'échelle d'analyse (approche individuelle ou agrégée du phénomène). L'adaptabilité de ces concepts et de ces mesures à l'ensemble des problématiques traitant d'échanges pour lesquels les lieux d'origine et de destination sont connus a par ailleurs été illustrée dans une publication précédente (Grasland et Le Texier 2013).

Nous nous sommes ensuite interrogés sur la ou les méthode(s) ayant la plus grande « aptitude à exprimer le phénomène étudié » (Béguin 1979). Afin de décrire et expliquer les configurations spatiales des répartitions des euros étrangers, nous avons opté dans la seconde partie de la thèse pour une approche formelle de modélisation empirique de la diffusion des euros étrangers en France. Le choix méthodologique d'une régression multiple s'est fait à la suite de nombreuses analyses exploratoires (analyses descriptives bi- et multivariées et modèles statistiques portant sur des mesures binaires et relatives de l'internationalisation des territoires et des porte-monnaie) dont nous ne rendons pas compte dans la thèse mais dont certains ont fait l'objet de publications et de communications. À l'issue de ces analyses, la méthodologie choisie pour cette partie nous est apparue comme la plus éclairante d'un point de vue thématique, puisqu'elle permet d'une part de tester des hypothèses, et de l'autre de décrire et d'organiser les principales tendances (Sanders 1995).

L'évaluation quantifiée des principaux facteurs explicatifs de la circulation des euros offerte par la modélisation empirique a ensuite été intégrée dans un modèle de simulation, dont l'objet premier était de vérifier l'exactitude des mécanismes causaux des dynamiques spatialisées de la diffusion des euros. La dimension temporelle est en effet au centre du questionnement, car les traces de la circulation internationale des Hommes, laissées par les pièces, se complexifient au cours du temps. La dimension spatiale est elle aussi intégrée puisque la localisation multiscalaire des individus et des territoires joue pleinement sur l'internationalisation des pièces euro. En effet, l'espace ne constitue pas un simple support aux interactions individuelles, il en détermine la nature et la fréquence (Gould 1969). À l'inverse de l'approche hypothético-déductive classique mobilisée en deuxième partie, les

modèles de simulation de la dernière partie permettent de tester des interactions et de révéler des phénomènes d'émergence ou de bifurcation qui étaient hors de portée des analyses purement statistiques.

Plan de la thèse

Il convient, pour commencer, de définir plus en détail les liens que nous postulons entre intégration européenne et circulation monétaire. La première partie de la thèse sera ainsi entièrement consacrée à cette question. Nous préciserons d'abord les arguments en faveur de l'hypothèse selon laquelle l'analyse des traces de mobilités internationales offre une vision pertinente de l'état de la construction européenne (chapitre 1). La particularité de l'étude des répartitions monétaires comme marqueur des interactions spatiales sera ensuite discutée à l'aune d'un examen pluridisciplinaire des connaissances et des pratiques scientifiques (chapitre 2). L'analyse de cet objet d'étude particulier se prolongera par la suite en questionnant sa nature multi-dimensionnelle. Nous montrerons plus particulièrement les liens ténus qui se nouent entre pièce, porte-monnaie et porteur de monnaie, dont doit tenir compte toute analyse des traces de la circulation internationale à l'échelle individuelle (chapitre 3).

Les deux parties suivantes présenteront les résultats de nos travaux. La seconde partie de cette thèse sera dédiée à la modélisation empirique de type hypothetico-déductive des principaux mécanismes de la diffusion des euros en France observée pendant dix ans (mars 2002 - décembre 2011), à l'échelle des individus. Nous chercherons d'abord à éliminer les effets structurels et banals de la diffusion des euros étrangers (chapitre 4) afin de faire ressortir les différentiels territoriaux et sociaux les plus importants (chapitre 5). En définissant les variables explicatives permettant de mieux rendre compte du caractère spécifique ou banal de la présence de pièces étrangères, nous validerons ou invaliderons une série d'hypothèses issues de la littérature s'intéressant aux processus de diffusion géographiques et à l'internationalisation des territoires.

Enfin, la dernière partie de la thèse interroge la complexité des traces de la mobilité internationale observée à travers le prisme de la diffusion des euros dans sa dimension spatiale et temporelle. Nous nous intéresserons plus particulièrement aux propriétés d'interaction, de mémoire ou d'émergence dans les mécanismes causaux de la diffusion des pièces. Cette modélisation dynamique nécessitera de s'interroger dans un premier temps sur le choix du niveau d'agrégation de l'information élémentaire au sein du modèle et sur ses conséquences en termes d'heuristique au sujet de la diffusion des pièces (chapitre 6). Nous chercherons finalement à évaluer l'effet spécifique de l'espace sur la mesure de l'importance du voisinage et de la hiérarchie dans la diffusion des euros (chapitre 7). C'est à la suite de ces

deux réflexions que nous analyserons la proximité statistique entre parcours de la mobilité individuelle et circulation des pièces au sein d'une partie de la zone euro.

Les questionnements qui ont guidé l'organisation générale de la thèse et les liens qui les nouent sont résumés dans la figure suivante (figure 2)⁴.

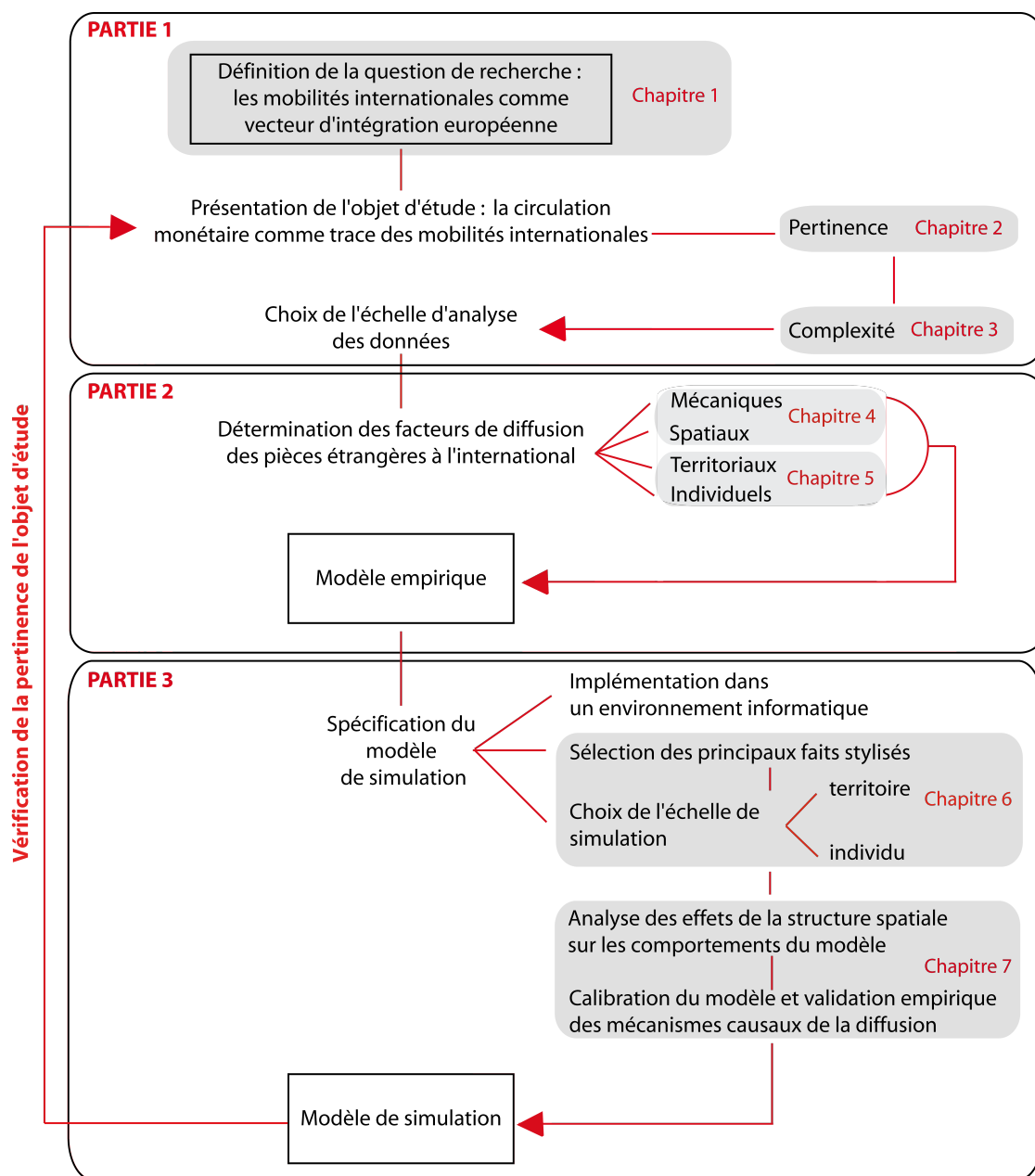


FIGURE 2 – Cheminement de la thèse et objets spécifiques aux différents chapitres.

Ce travail de thèse a donc comme fils directeurs l'analyse des traces monétaires de la mobilité internationale et la modélisation de ses dimensions individuelles et territoriales.

4. Les flèches figurent les relations de filiation entre les parties et les chapitres de la thèse.

Première partie

Définir les territoires de l'intégration
européenne par l'étude de la répartition
monétaire

Introduction de la première partie

Prologue

En 4052, un peuple extra-terrestre découvrit une planète Terre dévastée où ne subsistait plus aucun être vivant. Quelques éléments architecturaux s'étaient toutefois maintenus. Ces traces de civilisation l'amena à entreprendre des fouilles archéologiques. Chargés par le chef d'expédition de collecter des informations sur ce qui avait été nommé de façon assez floue « Europe » par les terriens, z1z2z1 et z2z1z2 mirent à jour un document qui semblait être un compte-rendu d'une invasion de grande ampleur d'un territoire nommé « France » quelques deux millénaires auparavant. Ne comprenant pas la langue de rédaction du document, ils s'attachèrent à en saisir l'iconographie. Une première carte (figure 3) semblait témoigner d'attaques perpétuées depuis l'ensemble des frontières du territoire à plusieurs dates. La progression des troupes ennemies se faisait de plus en plus forte au cours du temps. Ils crurent comprendre que les limites est et sud-ouest avaient été les plus perméables aux flux de soldats étrangers.

Une seconde carte semblait indiquer l'origine des envahisseurs (figure 4). Les peuples « allemands » et « espagnols » de l'alliance des « pièces » apparaissaient être ceux pour lesquels les conquêtes territoriales avaient été les plus importantes.

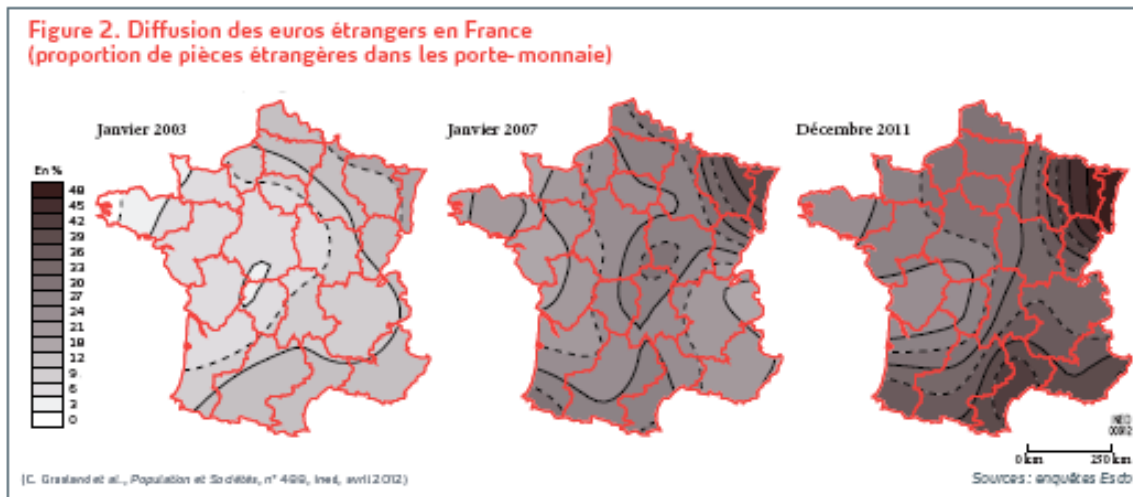


FIGURE 3 – Diffusion des euros étrangers en France (proportion de pièces étrangères dans les porte-monnaie). Source : Grasland *et al.* (2012, p.2).

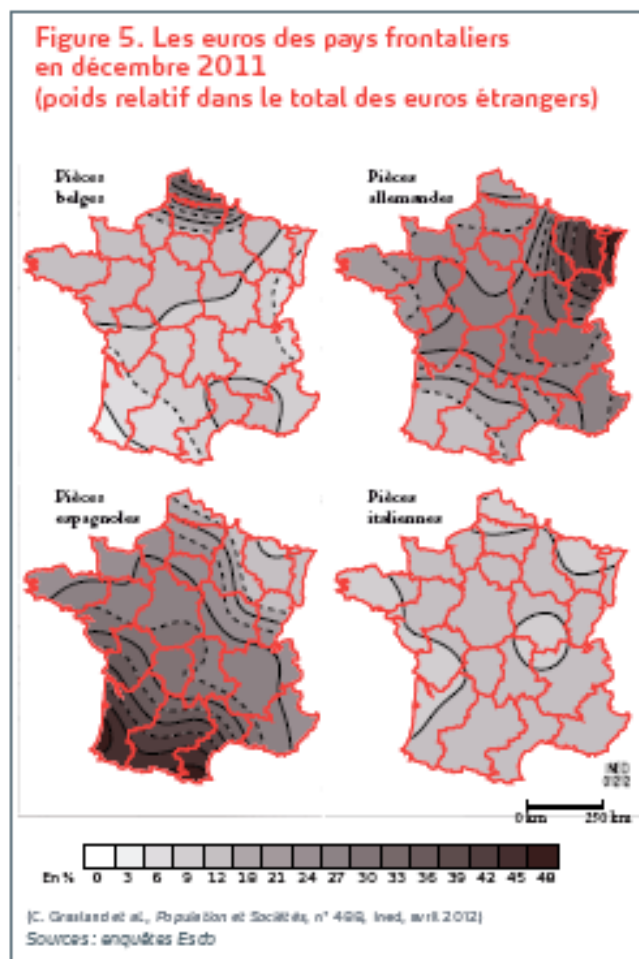


FIGURE 4 – Les euros des pays frontaliers en décembre 2011 (poids relatif dans le total des euros étrangers). Source : Grasland *et al.* (2012, p.4).

Un troisième graphique (figure 5) renseignait sur la progression des « pièces » en France, selon une définition différente appelée « valeur ». En vue des degrés inégaux de pénétration sur le territoire français selon les « valeurs », on pouvait imaginer que ces dernières distinguaient des corps d'armée aux fonctions bien spécifiques. Ceux qu'ils assimilèrent à des bataillons d'éclaireurs, les « 50 cents », les « 1 euro » et les « 2 euros », semblaient responsables des percées les plus importantes.

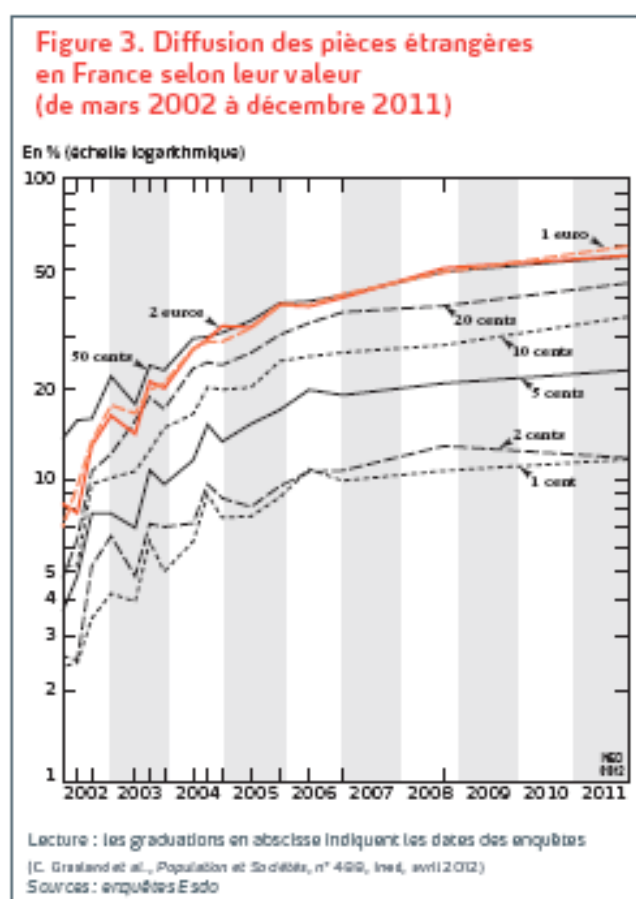


FIGURE 5 – Diffusion des pièces étrangères en France selon leur valeur de mars 2002 à décembre 2011. Source : Grasland *et al.* (2012, p.2).

Ce n'est que beaucoup plus tard que z1z2z1 et z2z1z2 se rendirent compte de leur erreur : les « pièces » ne désignaient pas des troupes de soldats, mais un intermédiaire d'échanges transmis entre habitants d'un territoire englobant la France, l'Allemagne, la Belgique, l'Espagne et l'Italie, en autres. Ce qu'ils avaient pris pour une attaque était en fait le témoignage d'un espace pacifié où des interactions quotidiennes pouvaient s'effectuer entre de nombreux peuples.

C'est donc en tant que marqueur d'un ensemble d'interactions sociales territorialisées que nous envisageons d'étudier la circulation des pièces euro. Cette partie s'attachera à détailler les précautions épistémologiques et méthodologiques qu'il nous faudra prendre

dans le cadre de ce travail de thèse mobilisant la monnaie comme source.

Dans un chapitre introductif, nous poserons les liens théoriques que nous tissons entre les systèmes territoriaux de mobilités individuelles réalisées à l'international et les différenciations spatiales observables par l'étude de la répartition spatiale des euros. Nous discuterons dans un premier temps de la signification du concept d'intégration européenne et de l'utilisation spécifique que nous en ferons dans cette thèse. Dans un second temps nous expliquerons dans quelle mesure l'analyse des mobilités individuelles internationales peut servir d'indicateur du niveau d'intégration des territoires au système européen. Puis, nous questionnerons le concept d'internationalisation à la lumière d'une réflexion sur sa nature plurivoque. L'état de la question développé dans le premier chapitre permettra de replacer la recherche présentée dans cette thèse dans les thématiques plus larges des circulations internationales et de l'intégration territoriale en Europe.

Dans un second chapitre, nous proposerons une revue interdisciplinaire des principales sources de la littérature empirique et théorique faisant état d'une utilisation de la monnaie comme source pour l'analyse des mobilités individuelles. Il s'agira dans un premier temps de construire une rapide historiographie de la naissance du champ de la numismatique et de l'utilisation de la monnaie comme source chez les historiens. Puis, nous évoquerons les questionnements ayant amené les historiens, mais également des géographes, des mathématiciens et des physiciens à travailler à partir de la source constituée par la monnaie.

Enfin, dans un troisième chapitre, nous discuterons plus spécifiquement des enjeux conceptuels et méthodologiques inhérents à la base de données de l'ESDO (Euro Spatial Diffusion Observatory) que nous mobiliserons dans la suite de la thèse. Il s'agira en premier lieu de questionner l'idée de traces de mobilités internationales et de montrer en quoi la monnaie en constitue un cas particulièrement intéressant. Puis, nous justifierons le choix de travailler à partir des enquêtes ESDO, réalisées en France entre mars 2002 et décembre 2011, en Belgique en décembre 2003, en Allemagne en décembre 2004 et en 2006 pour l'enquête luxembourgeoise. Nous expliquerons pour finir en quoi le prisme d'analyse des répartitions monétaires, constitué par le porte-monnaie, forme un intermédiaire complexe à leur observation.

CHAPITRE 1

De la circulation des euros à la caractérisation de l'internationalisation des territoires

Similarity leads to interaction, and interaction lead to still more similarity.

Robert Axelrod, 1997

Introduction du chapitre

La recherche proposée dans cette thèse vise à caractériser le degré d'intégration spatiale de territoires infranationaux à l'espace européen par la mesure du degré d'internationalisation des pièces y ayant été observé. L'utilisation et les liens que nous faisons entre les concepts mobilisés dans cette problématique nécessitent un travail de définition et de cadrage. Ce sera par conséquent l'objet de ce premier chapitre.

Dans une première partie, nous montrerons que le concept d'intégration spatiale recouvre à la fois la dimension d'ouverture des territoires à des interactions avec l'ensemble spatial étudié et l'idée de mélange progressif, lequel aboutit à l'homogénéisation des caractéristiques individuelles du système observé.

La seconde partie du chapitre replace les déplacements internationaux au sein de la littérature sur les mobilités, et discute de leurs portées spatio-temporelles. Nous montrons notamment qu'au sein de l'espace de libre circulation européen, les mobilités transnationales s'effectuent pour des motifs aussi divers que le travail ou les loisirs, à travers des frontières aux limites floues et aux morphologies variées.

Rappelons que notre étude porte sur un aspect spécifique de l'intégration spatiale européenne, celui des pratiques spatiales internationales. Nous verrons en effet que les échanges de pièces ne peuvent s'observer que par le franchissement d'une frontière nationale au sein de la zone euro. Nous proposerons ainsi, en dernière partie de ce chapitre, un cadre et des méthodes d'analyse de l'ouverture internationale des territoires qui résultera d'une première série de définitions possibles de leur « internationalisation ».

1.1 Analyser les mobilités individuelles pour caractériser l'intégration spatiale des territoires européens

Dans le cadre de cette thèse, il peut sembler singulier de parler d'intégration, terme chargé de sens et souvent contesté. A l'origine, le concept d'intégration a été défini par E. Durkheim dans sa thèse de philosophie : *De la division du travail social* (1893), comme la capacité d'une société à créer des liens entre des acteurs aux fonctions différenciées et à établir des relations entre ses différents échelons d'organisation (individu, groupe social, État). Prenant en considération le fait que le terme a été actualisé et modifié, s'éloignant bien souvent de cette première définition (Rhein 2002, Grasland 2009), il nous faut à présent tenter de définir les contours du concept d'intégration tel que nous envisageons de l'utiliser dans cette thèse.

1.1.1 L'intégration monétaire en Europe

L'introduction de la monnaie unique européenne s'est effectuée en plusieurs temps. Selon Cohen (1998), on peut considérer que la première étape remonte au Plan Schuman de 1950 qui propose la création de la CECA (Communauté Economique du Charbon et de l'Acier), dans lequel l'idée d'une union monétaire est déjà perceptible. Deux décennies plus tard, le Rapport Werner fait figurer un premier projet de mise en place d'une monnaie unique européenne. Cependant, celui-ci n'aboutit pas. Si cette première tentative d'union monétaire ne fut pas menée à terme, c'est en grande partie à cause du refus que le gouvernement français opposa au fait de perdre son autonomie en matière de politique économique (Bussière 2009).

La crise économique internationale qui fit suite au premier choc pétrolier amena les pays de la Communauté économique européenne à créer un cadre de contrôle des rapports de force économiques par la régulation des dévaluations des monnaies nationales dès avril 1972. Ce qui fut appelé le « serpent monétaire européen » fut progressivement abandonné

(départs de la livre en juin 2002 et du franc en janvier 1974) du fait de divergences dans les réponses à la crise apportées par les différents gouvernements (Bussière 2009).

Un nouveau souffle fut donné à l'union monétaire européenne au milieu des années 1980 avec la signature de l'Acte Unique Européen, dans lequel la monnaie unique apparaissait comme un complément logique au processus d'intégration européenne (Cohen 1998).

Néanmoins, on peut considérer que c'est le Rapport Delors, réalisé dans le cadre du Sommet d'Hanovre de Juin 1988, qui pose les premières bases concrètes de la création de l'Union Economique et Monétaire (UEM). Ce rapport fut approuvé l'année suivante lors du Sommet de Madrid. Il est à l'origine de la définition des trois étapes clefs utilisées par la suite comme base juridique dans le traité sur l'Union européenne (Traité de Maastricht) signé en février 1992. Ce traité a également permis de préciser les critères de convergence de l'UEM (basés sur des indicateurs économiques) et d'établir un calendrier pour la réalisation des étapes de construction postérieures. Le scénario défini pour l'introduction de la monnaie unique a été adopté le 16 décembre 1995 par le Conseil européen réuni à Madrid. La liste des pays participants fut été arrêtée le 2 mai 1998 (Kelly 2003).

La monnaie virtuelle commune a été instaurée le 31 décembre 1998, date à laquelle les taux de change entre les monnaies des états membres participants furent fixés de manière irrévocable par le Conseil ECOFIN (Conseil Européen des Affaires Economiques et Financières) composé des ministres de l'économie et des finances des États membres de la zone euro. Ce fut le début de l'UEM, l'Euro devenant, dès le lendemain, la monnaie de tous les États participants. La Banque Centrale Européenne (BCE) commença à faire fonctionner la politique monétaire unique. A ce stade, l'euro n'existait néanmoins que « virtuellement », sous la forme de monnaie scripturale. L'euro a immédiatement remplacé les monnaies nationales sur les marchés et les taux d'intérêt commun (Eonia et Euribor) ont succédé aux taux nationaux. La monnaie physique en circulation (comprenant les pièces et billets) restait cependant à ce stade celle des Etats.

La mise en circulation des pièces et billets euro fut réalisée le 1er janvier 2002 pour les douze pays suivants : l'Allemagne, l'Autriche, la Belgique, l'Espagne, la Finlande, la France, la Grèce l'Irlande, l'Italie, le Luxembourg, les Pays-Bas et le Portugal ; soit dans douze des quinze États membres que comptait alors l'Union européenne (UE). Sept nouveaux billets et huit nouvelles pièces ont donc été introduits sur le marché monétaire européen. Le Conseil européen de Madrid avait prévu une période maximale de six mois pendant lesquels les monnaies nationales et l'euro circuleraient en même temps. Les pays étaient libres d'en réduire la durée. Dans la plupart des pays, cette période ne s'est pas étendue sur plus de deux mois (Kelly 2003).

Depuis, cinq autres pays ont adopté l'euro : la Slovénie le 1er janvier 2007, Chypre et

Malte le 1er janvier 2008, la Slovaquie le 1er janvier 2009 et l'Estonie en janvier 2011. L'euro devenait à cette date une réalité concrète pour les 322 millions de résidents de la zone euro. Malgré l'éloignement géographique, les habitants des territoires ultramarins des pays membres de l'Union Européenne utilisent donc également la monnaie unique. De plus, les micro-états de Monaco, Saint-Marin et la Cité du Vatican se servent eux-aussi de l'euro en vertu d'un accord formel conclu avec la Communauté européenne qui précise que l'euro y est la monnaie nationale et y a cours légal. Ces pays ne peuvent cependant émettre qu'une certaine quantité de pièces euro et ne sont pas autorisés à émettre de billets. Finalement, bien que son utilisation ne soit pas régie par une convention monétaire, l'euro est aussi utilisé en Andorre, au Monténégro et au Kosovo (Commission des Communautés Européennes 2003).

Les billets et pièces euro sont mis en circulation par les banques centrales nationales de la zone euro. Cependant leurs lieux de production diffèrent : la responsabilité de l'émission des billets de banque revient à la BCE et celle des pièces de monnaie aux Etats, ce qui explique pourquoi les pièces euro présentent des singularités nationales (Hebbink et Peeters 1999). La fabrication des pièces euro incombe plus précisément aux Monnaies nationales de chaque pays. Les pays ne disposant pas de ce type d'institutions font appel aux Monnaies nationales d'autres pays. Le fait que la production de la monnaie métallique soit décentralisée rend la coordination de la fabrication, de l'émission et du stockage des pièces problématique, un pays pouvant frapper de nouvelles pièces alors que ces dernières sont excédentaires dans d'autres (Commission des Communautés Européennes 2006).

Au lancement de l'Euro fiduciaire, la valeur de l'ensemble des pièces mises en circulation s'est élevée à 12 milliards d'euros, répartis irrégulièrement entre les Etats Membres selon le nombre d'habitants et les différents usages nationaux en matière de paiement. En moyenne, cela représenta 134 pièces par habitant de la zone euro pour une valeur de 43 euros par personne, soit un total avoisinant les 40 milliards de pièces (Commission des Communautés Européennes 2003).

Le diagramme présenté figure 1.1 rend compte du nombre et de la valeur des pièces euro mises en circulation au 1er janvier 2002 et de la part que chaque type de pièces représente au sein de l'ensemble.

La quantité de pièces euro en circulation n'est pas la même selon la valeur des pièces. Par ailleurs, un plus grand nombre de pièces cuivrées est produit pour obtenir une valeur monétaire plus faible que celle obtenue par la production par exemple de pièces de 1 et 2 euros. Ainsi, alors que les pièces de 2 euros représentent 40% de la valeur totale des pièces mises en circulation, elles n'en restent pas moins la catégorie de pièces la moins répandue. A l'inverse, bien que les pièces de 1, 2 et 5 centimes représentent à elles seules presque 50% du total de pièces mises en circulation au 1er janvier 2002, elles n'atteignent que 5% de la

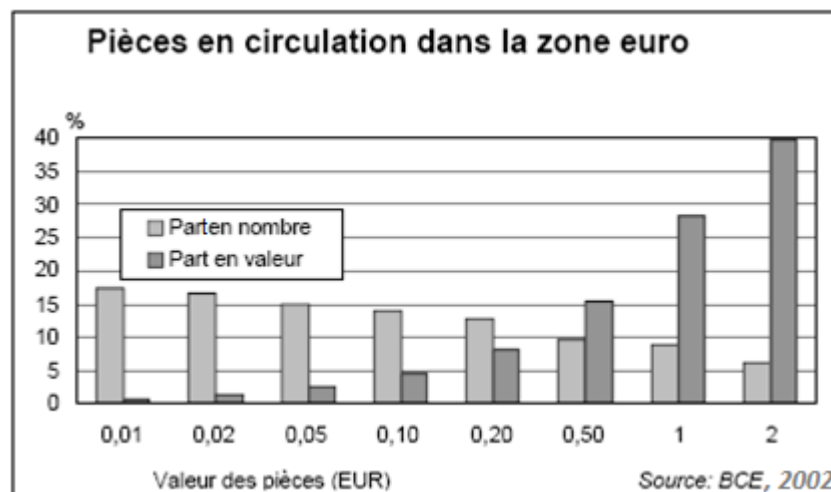


FIGURE 1.1 – Répartition des différentes valeurs de pièces mises en circulation au 1er janvier 2002. Source : Commission des Communautés Européennes (2003, p.9).

valeur totale des pièces mises en circulation. Exception est faite en Finlande, puisque la loi nationale stipule que les paiements en espèces doivent être arrondis aux 5 cents supérieurs. La Monnaie finlandaise a donc limité la production des pièces de 1 et 2 cents. De ce fait, bien que l'introduction de l'euro ait quelque peu interféré avec les comportements de l'ensemble des habitants de la zone quant à leurs modes de paiement (avec notamment une tendance à la baisse des paiements en espèces dans les premiers temps) les disparités entre pays restent fortes (Commission des Communautés Européennes 2003).

La monnaie unique européenne n'est pas seulement utilisée au sein de la zone euro. Elle se retrouve également dans les pays voisins et, dans une moindre mesure, dans le reste du monde. La proportion de monnaie détenue hors des pays de l'Eurozone est estimée à plus de 10% du total des billets émis par la Banque Centrale Européenne (Commission des Communautés Européennes 2003). Dans les pays européens n'appartenant pas à la zone d'utilisation normative de la monnaie unique, l'euro s'est néanmoins diffusé dans l'ensemble de ces territoires, alors que dans le reste du monde, la monnaie unique européenne se concentre principalement dans les régions touristiques. Selon une enquête réalisée par l'Eurobaromètre en 2002, l'impact des mobilités touristiques sur l'évasion des euros pourrait en partie s'expliquer par le fait que 53% des touristes ressortissant de la zone euro et voyageant dans des pays où l'euro n'a pas cours légal ont emporté des pièces euro (Commission des Communautés Européennes 2003).

L'existence de liens historiques forts avec les pays de la Communauté économique et monétaire de l'Afrique Centrale (CEMAC), de l'Union économique et monétaire ouest-africaine (UEMOA), et le Cap-Vert explique la quantité importante de billets et de pièces euro présents dans ces pays. Hormis cela, l'euro est relativement peu utilisé en Afrique,

où il n'est ni facile de se procurer des espèces en euros, ni de les changer en monnaie locale en dehors des grandes banques et des aéroports. Ces transactions se réalisent moins facilement que celles réalisées en dollars (Commission des Communautés Européennes 2003).

Le plus grand succès « extérieur » de l'euro a été dans les pays candidats à l'adhésion en 2002. Sa mise en circulation y a fait l'objet de nombreuses analyses dans les médias et l'utilisation de la devise européenne y a été largement facilitée (faculté de se procurer des billets en euro, de les changer en monnaie nationale, et de payer en euro dans les magasins, hôtels ou restaurants des zones touristiques où la conversion des prix en euros est souvent affichée). La commission notait même en 2002 qu'en Bulgarie, en Turquie, mais aussi dans les Balkans, la monnaie unique européenne concurrençait le dollar et incarnait en quelque sorte une monnaie parallèle. Dans tous ces pays, l'euro a en outre gagné en 2002 une plus grande importance comme monnaie d'épargne des ménages que n'en avait le *Deutschemmark* lorsqu'il était encore en vigueur (Commission des Communautés Européennes 2003).

Six ans après la mise en circulation des euros, la Commission des Communautés Européennes (2008) considérait que la naissance de l'UEM représentait la réforme monétaire la plus importante depuis Bretton Woods, par la révolution économique qu'elle avait introduite en Europe et dans le paysage économique mondial. Elle concluait que l'euro s'était révélé être un véritable succès : devenu un symbole de l'Europe, il était considéré par les habitants de l'Eurozone comme l'une des réalisations les plus positives de l'Union Européenne (Commission des Communautés Européennes 2008). A cette époque, un habitant sur deux de la zone euro allait même jusqu'à confondre les frontières de l'UE et celles de l'UME. Cependant, la crise de la dette publique dans de nombreux pays de la zone euro, qui a secoué à partir de 2008 l'économie mondiale et fragilisé le niveau de vie des populations des pays concernés, a considérablement réduit la confiance des citoyens européens dans l'Union économique et monétaire européenne (comme le montre la figure 1.2 issue d'une enquête Eurobaromètre, Commission Européenne (2012)).

L'impact de la crise a été d'autant plus important dans la zone euro qu'au sein de zones à monnaie unique, les villes et les régions sont en compétition pour assurer la stabilité de l'emploi, la croissance économique ou encore la protection sociale de leurs populations. De fait, cette compétition ne repose pas sur des avantages relatifs que pourraient influencer des politiques de dévaluation monétaire ou de flexibilité des salaires et des prix. Elle s'opère sur la base d'avantages octroyés par le capital territorial, lequel désigne un ensemble de facteurs tels que les ressources locales, le niveau de qualification des travailleurs, ou les infrastructures. En cas de crise, les territoires aux tissus économiques les plus fragiles déclinent donc plus fortement dans les zones à monnaie unique qu'au sein de pays souverains d'un point de vue monétaire (Camagni 2002; 2008). Si le processus d'intégra-

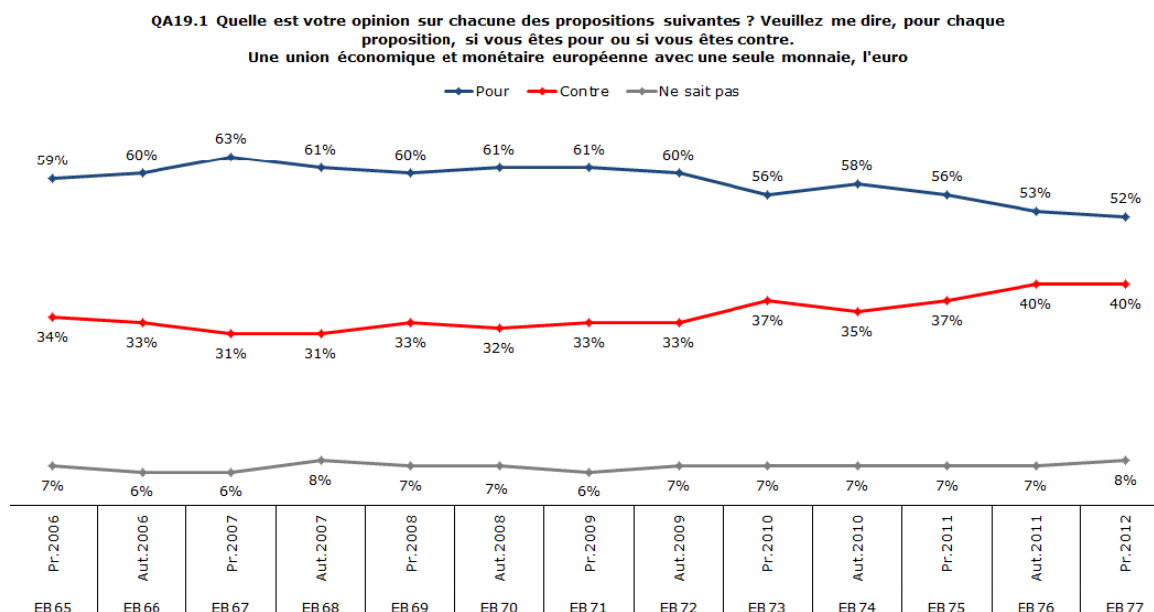


FIGURE 1.2 – Evolution tendancielle du soutien des européens en faveur d’une union économique et monétaire avec l’euro comme monnaie unique. Source : Commission Européenne (2012, p.15).

tion économique et monétaire en Europe a globalement permis de réduire les différentiels économiques inter-régionaux, cela est plus dû à une réduction des écarts entre pays et qu’à une diminution des inégalités territoriales à une échelle infra-nationale (Camagni et Capello 2010).

1.1.2 Émergence de la notion d’intégration spatiale

Les processus européens d’intégration politique et économique se sont toutefois accompagnés d’une volonté de promotion de la cohésion économique et sociale entre territoires européens. La reconnaissance du principe de cohésion territoriale comme objectif politique de l’Union Européenne est plus récente, puisqu’elle est signifiée dans l’article 3 de la Constitution Européenne approuvée par le Conseil des Ministres en juin 2004. Il y est écrit que : « L’Union promeut la cohésion économique, sociale *et territoriale* ». Le principe a été ensuite affirmé dans les Orientations stratégiques de la Communauté pour la cohésion 2007-2013, où l’on peut lire que désormais « la géographie compte » (Commission Européenne 2008).

Ce changement de paradigme dans les discours politiques s’est accompagné d’une utilisation de plus en plus grande du terme d’« intégration spatiale » (ESPON 2010). Il décrit un processus qui permet la réduction des différences structurelles d’ordres économiques, mais également socio-démographiques et politiques entre les territoires (van Oort *et al.* 2010).

Il désigne, plus particulièrement, le processus par lequel les différences inter-territoriales ne sont ni plus fortes ni moins fortes que les différences infra-territoriales et où les flux augmentent de part et d'autre de la frontière (De Boe *et al.* 1999).

Une seconde acception de la notion d'intégration spatiale, nommée « approche par les flux » par Van Houtum (2000), se distingue de cette première définition. Selon De Boe *et al.* (1999), l'intégration spatiale est un processus qui s'observe à travers la croissance des interactions réalisées entre des aires séparées par une frontière. Un territoire serait intégré au système dans lequel il est observé lorsque ses relations avec les autres territoires du système atteindraient la même importance que les relations ayant cours en son sein (Blatter 2004). On retrouve la définition du concept plus général d'intégration proposée par Brunet (1997, p.17), selon laquelle : « Intégrer est [...] mettre en connexion, assurer des interrelations, effacer les ruptures et les distances entre des éléments qui conservent néanmoins leur être ». L'interdépendance entre parties serait donc croissante à mesure que le processus d'intégration se ferait (François *et al.* 2002).

Ces deux perspectives n'allant pas toujours de pair, l'intégration spatiale n'est pas un concept facilement opérationnel. En effet, les interactions entre territoires peuvent augmenter sans pour autant entraîner une homogénéisation de l'espace ; la dissymétrie engendrée par la frontière pouvant être source d'échanges et de flux (travailleurs transfrontaliers, migrants, etc) renforçant les inégalités observées (de Ruffray *et al.* 2011). De même, une homogénéisation croissante des territoires ne signifie pas pour autant que leurs relations augmentent, les causes de cette convergence pouvant être uniquement internes aux territoires (CEPS, 2010). Aussi retiendrons-nous dans la suite de notre travail la définition englobante proposée par Walther (2012), qui décrit l'intégration spatiale comme un processus d'homogénéisation résultant de l'intensification des interactions entre acteurs sociaux, politiques et économiques.

Ces différentes formes d'intégration sont précisées dans la table des chorèmes des « mécanismes élémentaires d'intégration transfrontalière » proposée par De Boe *et al.* (1999) et présentée figure 1.3. Ainsi, les flux de pièces d'un pays à l'autre sont d'autant plus importants que les réseaux urbains fonctionnent en système et sont connectés par des infrastructures de transport. Ces échanges de pièces aboutissent à une homogénéisation de leur présence de part et d'autre de la frontière. Ce mélange est d'autant plus rapide que les zones transfrontalières sont densément peuplées.

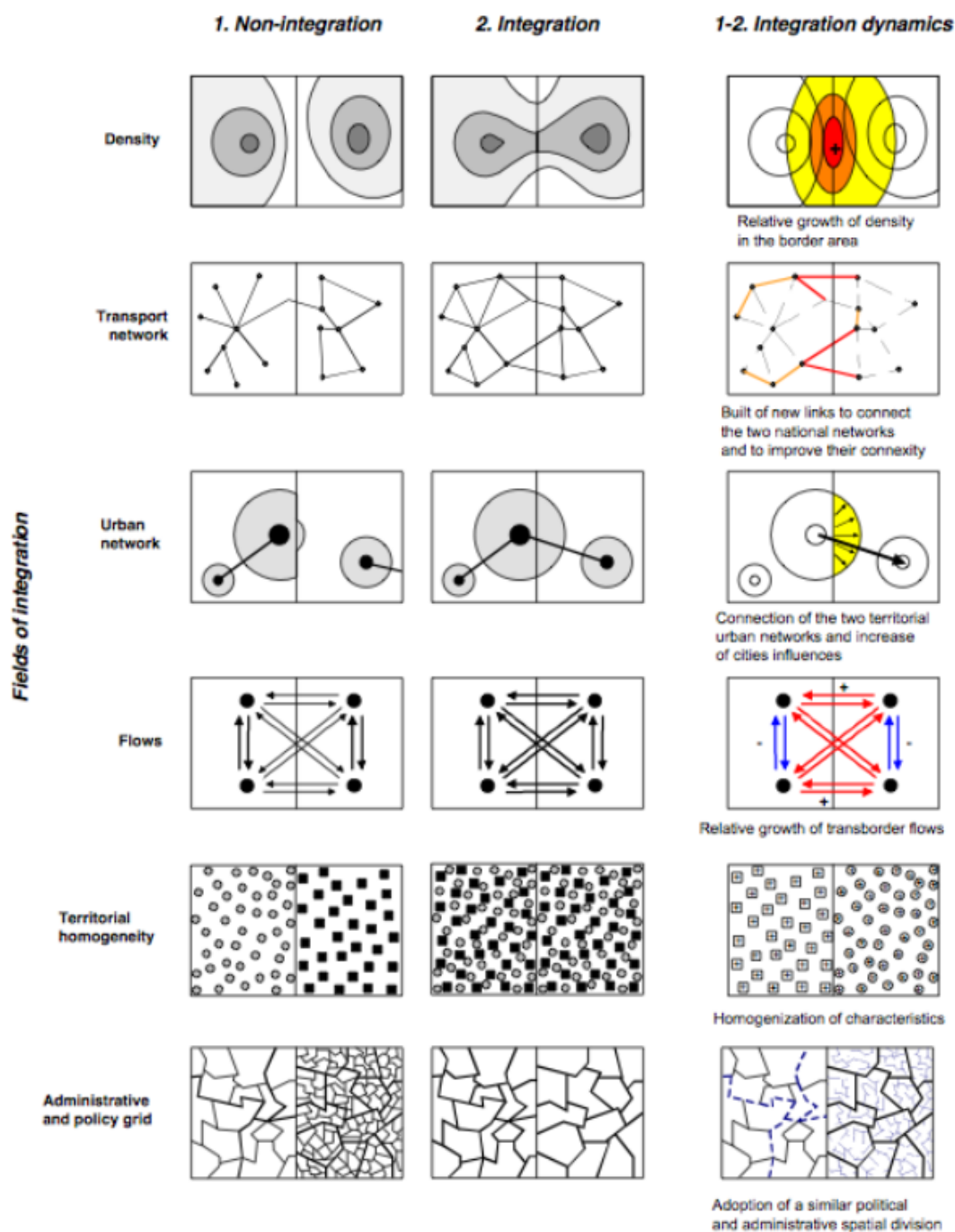


FIGURE 1.3 – Essai de synthèse des mécanismes élémentaires d'intégration transfrontalière. Source : De Boe *et al.* (1999).

L'observation des interactions et de la convergence nécessitant de travailler sur la base d'agréats territoriaux, la logique de maillage est souvent au centre des réflexions sur la dynamique d'intégration sociale spatialisée. Ces maillages peuvent être ceux des frontières nationales, régionales ou métropolitaines (Cattan et Saint-Julien 1998, van Oort *et al.* 2010). Autrement dit, ils désignent toute limite permettant de distinguer des espaces sociaux (Lee 2009).

L'intégration est donc supposée atteinte lorsque sont supprimés les effets d'appartenance territoriale à des échelons inférieurs à celui de l'ensemble spatial étudié dans les relations établies entre unités territoriales. Or, le défi de l'intégration spatiale européenne est lié au fait qu'elle s'effectue dans un cadre international, et que les frontières étatiques affaiblissent les échanges et la diffusion spatiale des phénomènes (Nijkamp *et al.* 1990).

L'interaction territoriale est ainsi dépendante de la possibilité et de la volonté des acteurs territoriaux de coopérer à la réduction de la dissymétrie des relations établies entre territoires. En ce sens, le degré d'intégration spatiale est également révélateur du degré d'intégration politique de l'espace étudié (ESPON 2010), bien que l'intégration spatiale puisse être recherchée par des acteurs répondant à des motifs idéologiques et à des stratégies diamétralement opposés, notamment en termes de développement socioéconomique (Comtois 1986). En somme, l'intégration spatiale est à la fois une notion descriptive et performative (Rhein 2002).

1.1.3 Interactions individuelles et échanges monétaires dans l'espace européen

L'intégration spatiale a très souvent été étudiée au prisme de problématiques économiques. Plus rares sont les études qui se sont intéressées à ses aspects politiques, culturels ou sociaux (CEPS, 2010). Or, si l'importance des relations économiques entre territoires laisse entrevoir une certaine forme d'intégration spatiale, cela ne signifie pas pour autant qu'il existe une intégration spatiale généralisée de ces territoires. A titre d'exemple, Van Houtum et Gielis (2006) ont montré que les « *elastic migrants* » néerlandais, qui résident dans des espaces frontaliers belges et allemands pour des raisons économiques liées à la fiscalité et au prix de l'immobilier, continuent, pour la grande majorité, à pratiquer leurs activités de travail et de loisirs aux Pays-Bas, à envoyer leurs enfants dans des écoles hollandaises, etc.

Il en va de même du brassage des pièces euro, lequel ne témoigne pas pour autant d'une intégration sociale, mais seulement d'achats effectués par des individus au travers des frontières européennes. Si nous reprenons l'exemple des « *elastic migrants* » néerlandais,

nous pouvons imaginer que des différentiels économiques entre pays les amènent à réaliser une partie de leurs achats à proximité de leur lieu de résidence et une autre près de leur lieu de travail. Un brassage intense de pièces d'origines différentes pourrait alors être observé autour de la frontière, témoignant de ces migrations pendulaires. Le mélange des pièces de ces deux origines ne pourrait pas pour autant être interprété comme un pur marqueur d'intégration sociale puisque les réseaux de relations de ces « *elastic migrants* » restent fortement imperméables à leur pays d'accueil. Ces transactions témoigneraient plutôt de pratiques spatiales communes, offrant la possibilité de contacts plus approfondis entre les différents acteurs.

Le concept d'intégration spatiale utilisé dans cette thèse rejoint donc celui « interaction sociale dans l'espace » permettant de « concevoir l'espace comme une ressource qui, à la fois, structure les pratiques sociales et est structurée par elles » (Lévy et Lussault 2003). Nous postulons ainsi que les pratiques de mobilité des individus permettent de définir certaines « modalités de l'insertion sociale des habitants » (Bonnet 2006). Ces mobilités peuvent, à un niveau agrégé, être interprétées comme des « modes d'articulation et d'intégration des territoires » (Berroir *et al.* 2004).

Au moment de la mise en circulation de l'euro, toutes les pièces étaient théoriquement¹ situées dans leur pays d'émission : nous connaissons ainsi le premier maillon d'une chaîne de déplacements et d'échanges. La présence d'une pièce frappée à l'étranger sur le territoire français indique que la pièce a franchi une ou plusieurs frontières et a donc été transportée par un ou plusieurs individus (c.f. chapitre 2). Il ne nous est néanmoins pas possible de connaître précisément les entrées et sorties des pièces sur le territoire, mais seulement d'estimer la présence de pièces de différentes origines, c'est-à-dire la résultante des mouvements.

Nous n'observerons pas directement les circulations des individus, mais leurs traces à travers la répartition spatiale des pièces à différents pas de temps (c.f. chapitre 3). L'utilisation du terme de trace, qui peut être défini comme une « marque laissée par une chose » (dictionnaire Littré) est commun à un ensemble de travaux qui analysent les chemins de la mobilité individuelle à partir de marqueurs indirects (c.f. chapitre 3). Ces traces peuvent être collectées au moment du déplacement, par le biais de GPS (*Global Positioning System*) ou de la téléphonie mobile, par exemple. Mais elles peuvent également s'étudier *a posteriori*, en mesurant la redondance des flux diffusés depuis un espace de référence vers un lieu donné. Au même titre que la transmission d'un patronyme (Darlu et Ruffié 1992, Dominiak 2001) ou de gènes spécifiques (Cavalli-Sforza et Edwards 1967)

1. A quelques exceptions près. La France a par exemple acheté des pièces de 50 cents à l'Espagne afin de combler un déficit de production. Celles-ci ont été mises en circulation sur le territoire français au 1er janvier 2002.

d'une région du monde à une autre témoignent de mouvements migratoires, les mouvements internationaux de pièces euro révèlent les contacts entre résidents des pays de la zone euro.

L'hypothèse d'une adéquation entre mobilités individuelles et circulation des pièces semble d'autant plus valide qu'un « continuum marchand vient se greffer sur le continuum des parcours des individus », lequel permet « d'articuler les commerces aux divers modes d'utilisation du temps par les individus et de coller les lieux où ces temps sont dépensés (le stade, le parc de détente, le cinéma, la flânerie urbaine pour les loisirs, les lieux de travail, les points d'entrée et de sortie des réseaux de transport). » (Rallet 2006).

Ce sont ces répartitions de pièces que nous considérons comme les traces d'interactions sociales dans l'espace. La comparaison de ces répartitions à partir d'une série d'enquête échelonnées sur dix ans (cf. chapitre 3) va permettre d'introduire la dimension temporelle de l'intégration spatiale aux analyses. Outre la caractérisation d'un degré d'interaction relatif à un ensemble territorial, nous serons ainsi en capacité d'en mesurer la stabilité temporelle.

En outre, nous faisons l'hypothèse que l'analyse de la circulation des euros peut permettre de mieux définir le degré d'interaction des territoires européens au regard d'un processus de convergence et d'homogénéisation. En effet, à mesure que les individus interagissent, les pièces se mélangent. Ce brassage devrait mener à une situation d'équipartition des différentes origines de pièces dans chacun des territoires (c.f. partie III). Nous pouvons ainsi imaginer que plus le nombre d'interactions est élevé, plus rapide est la convergence vers un état d'équilibre où s'observerait un « mélange parfait ». Par mélange parfait, nous désignons une répartition des pièces tendancielle proche (à une composante aléatoire près) de celle observée dans l'ensemble des pays de la zone euro. Toutefois, ce mélange parfait étant encore loin d'être atteint (cf. chapitre 6), nous travaillerons à partir de photographies de la circulation des pièces. La distribution spatiale des euros étrangers servira à approximer l'ampleur des mobilités internationales entre ces différents lieux et les pays de l'Eurozone.

1.2 Mesurer l'intégration des territoires par le biais des mobilités internationales

Dans cette partie, nous montrerons dans quelle mesure l'analyse des répartitions monétaires peut nous renseigner sur un ensemble particulier de mobilités que sont les déplacements internationaux. Nous expliquerons également pourquoi ces derniers peuvent

être utilisés comme des marqueurs du degré d'intégration des territoires à divers réseaux européens.

1.2.1 L'observation des mobilités dans l'espace et dans le temps

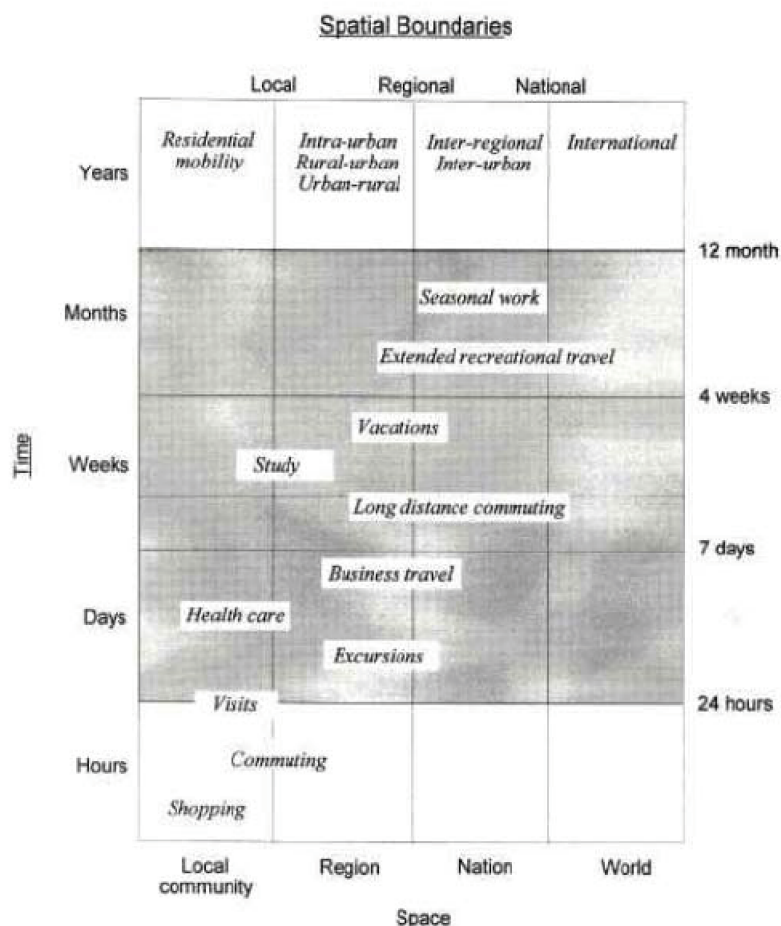
Le concept de mobilité est flou, puisqu'il peut, dans son acception la plus large, être rattaché à des actions aussi diverses que le mouvement de la main, celui d'un corps effectuant une danse ou encore au voyage. Il désigne en effet tout déplacement d'un endroit à un autre (Cresswell 2006). Son utilisation en géographie est toutefois plus ciblée, puisqu'elle s'intéresse principalement aux « manifestations liées au mouvement des réalités sociales (hommes, objets matériels et immatériels) dans l'espace » (Lussault et Stock 2003). Les transferts médiatiques, les communications téléphoniques, ou encore les réseaux sociaux sur internet sont donc des objets d'étude pour les analystes des mobilités spatiales (Sheller et Urry 2006). Dans le cas de la circulation des pièces euro, seule la composante physique et objective de la mobilité (Bonnet 2006) compte, puisque ni les mobilités virtuelles, ni les mobilités mentales, ne peuvent s'accompagner de mobilités de pièces (cf. chapitre 2). L'intégration spatiale est envisagée dans cette thèse à travers les pratiques de la mobilité spatiale (Comtois 1986), observables par l'étude des mouvements de pièces euro et de leurs changements.

Le déplacement ne constitue que l'une des trois dimensions de la mobilité individuelle. Les analystes des mobilités spatiales ont montré qu'elles dépendaient également des opportunités collectives (« champs du possible »), et des capacités individuelles désignée par le terme de « motilité » (Kaufmann 2008).

Les mobilités individuelles s'intègrent en outre au sein d'un système (Stock et Duhamel 2005), puisque les mouvements se succèdent de façon interdépendante et que les motifs s'entrecroisent (pratiques touristiques au cours d'un voyage d'affaire, etc.). La *time-geography* a pour objet l'étude de cette « choreography » des individus, pour reprendre le terme de Pred (1977), que ces derniers mènent à l'échelle de leur quotidien comme de leur vie dans son ensemble. Cette dernière souligne également le fait que dans l'analyse de ces séquences de vie, temps et espace ne peuvent être dissociés (Pred 1977).

Plusieurs tentatives ont cherché à caractériser les mobilités selon leur portée spatiale et leur durée. Ces contraintes spatio-temporelles interviennent sur le choix d'un mode de transport particulier (Ben-Akiva et Lerman 1985), sur les motifs du déplacement (Bell et Ward 2000), ou en fonction des caractéristiques socio-démographiques et économiques des individus ou des territoires (Kaufmann *et al.* 2004). Cette catégorisation de contraintes ne saurait néanmoins rendre entièrement compte de la difficulté d'investigation des systèmes de mobilité.

Prenons pour exemple la tentative de modélisation de Bell et Ward (2000) présentée ci-dessous (figure 1.4). Elle représente l'effet conjoint de la temporalité et de la portée spatiale sur les motifs de mobilité de façon quasi linéaire. Une telle hypothèse peut se justifier par le fait que les individus disposent d'un budget temps contraignant leurs déplacements. La progression du local vers l'international ne permet cependant pas de refléter la réalité des régions transfrontalières. En effet, dans ce type de territoires, les navettes domicile-travail et les activités de loisirs de type achats peuvent s'effectuer de part et d'autre de la frontière. De la même manière, un lieu proche du domicile principal peut être choisi comme une destination touristique, alors que des lieux éloignés du territoire de résidence peuvent être vécus comme des espaces de vie quotidienne (Stock 2005). Notons également que ce schéma est construit pour un individu type, alors que nous ne bénéficions pas tous des mêmes possibilités de déplacement, de la même « motilité » (Kaufmann 2008).



Source : Bell et Ward (2000, p.100)

FIGURE 1.4 – La mobilité des personnes dans l'espace et dans le temps. Source : (Bell et Ward 2000).

La variété des mobilités individuelles remet en question les structures spatiales traditionnelles (Helmfrid 1968), les contours des territoires ne parvenant plus à capter la spatialité

de ces pratiques (Frémont 1974). En effet, les lieux étant pratiqués pour des motifs singuliers, liés aux fonctions dominantes qui leur sont assignées (quartiers d'affaires, villes dortoirs, etc.), ils « vivent » selon des rythmes et des temporalités variables (Picouet et Renard 2006). Ces fonctionnalités différenciées font s'adjoindre aux frontières spatiales - morphologiques - des frontières sociales (Groupe Frontière *et al.* 2004) et temporelles (Gwiazdzinski 2005), plus ou moins fixes et définies. D'autre part, l'observation des inscriptions socio-spatiales des mobilités est compliquée du fait que, selon l'importance numérique de ces dernières, elles sont plus ou moins visibles, et ce plus ou moins rapidement (Sanders 1998).

1.2.2 Mobilités individuelles et circulation des euros

A la suite des réflexions présentées par Grasland *et al.* (2005b) et Le Texier (2011b), nous postulons l'existence d'au moins trois échelles temporelles de la mobilité transnationale, lesquelles, combinées aux distances parcourues, permettent de définir des hypothèses initiales quant aux motifs de circulation des euro à l'étranger (figure 1.5).

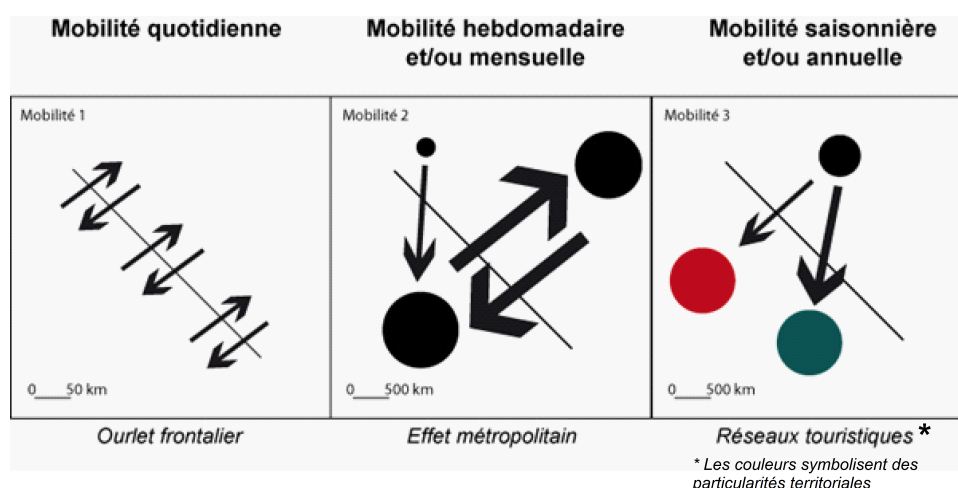


FIGURE 1.5 – Schéma des systèmes spatio-temporels à l'origine de la circulation des pièces euro de part et d'autre des frontières

La mobilité quotidienne introduit un fort brassage de pièces, mais sur des distances spatiales très courtes. Elle produit ainsi un mouvement de type brownien. Aussi faisons-nous l'hypothèse qu'à l'intérieur de l'ourlet frontalier, beaucoup de pièces vont et viennent de part et d'autre de la frontière. L'intensité et l'asymétrie des relations transfrontalières variant selon la localisation au sein du territoire français, elles risquent de produire des inégalités quant à la présence des pièces de pays voisins. Les marchés transfrontaliers sont en effet plus ou moins actifs et les avantages fonciers qui poussent les ménages à s'installer d'un autre côté ou de l'autre de la frontière diffèrent d'un pays à l'autre. De plus, certaines

régions frontalières font l'objet d'achats transnationaux (achats portant majoritairement sur des objets du quotidien) plus fréquents que d'autres (Commission Européenne 2004). Des achats de ce type rendent facilement imaginables une sur-représentation des pièces issues du pays frontalier.

La mobilité hebdomadaire ou mensuelle est, quant à elle, relative à des voyages internationaux moins fréquents. Ainsi est-elle censée entraîner moins de franchissements de frontières pour les pièces. Pourtant, ces dernières se propageraient à plus grande distance et auraient des probabilités plus faibles de retourner dans leurs régions d'origine. Le processus de brassage serait alors plus efficace et produirait des pics de pièces étrangères dans des endroits spécifiques. Ces relations s'opèreraient dans des lieux précis du territoire (les métropoles internationales et/ou spécialisées dans une fonction internationale) à travers des réseaux spécialisés (exemple des chercheurs se déplaçant à l'occasion d'un colloque ou bien encore des cadres d'Airbus allant et venant entre Hambourg et Toulouse).

Enfin, la mobilité saisonnière ou annuelle se produit majoritairement au sein de réseaux touristiques. Elle occupe une place tout particulière dans le processus de mobilité transnationale, puisqu'elle engage un grand nombre de mouvements au cours de très courtes périodes, et ce sur des distances plus ou moins longues. Ainsi, ce type de mobilités n'apporterait que peu de pièces en une année, mais entraînerait des masses monétaires importantes et favoriserait leur circulation depuis les zones touristiques (courses, loisirs, etc). Les mobilités entrantes et sortantes seraient cependant difficilement différenciables : les pièces observées ayant pu être rapportées par des résidents revenant d'un voyage à l'étranger ou dépensées sur le chemin des vacances (machine à café des aires d'autoroutes, boutiques d'aéroport, etc).

Si de telles hypothèses se confirment, elles viendraient supporter la théorie d'une « dé-fonctionnalisation » des frontières, annoncée par Guichonnet et Raffestin (1974). Celle-ci se ferait au profit d'une redéfinition de leur ancrage géographique, avec le passage d'une ligne frontière à une zone frontière (Claval 1973) dans les mobilités frontalières, faisant ainsi écho à la définition de l'ourlet frontalier proposée par Ratzel (1897, p.150) : « L'ourlet frontalier est la réalité, la ligne frontalière n'en est que l'abstraction ». Dans le cas de mobilités plus exceptionnelles (voyages d'affaire ou tourisme), nous observerons si la frontière se « dilue » (Grasland et Buxeda 2005) en des points particuliers de l'espace (portes d'entrée sur le territoire national) et du temps (saisonnalités des grands flux migratoires intra-européens).

De tels résultats nous permettraient de proposer une vision générale des portes d'entrées du territoire national et de proposer une première approximation du « motif d'ensemble des mutations frontalières », quand celui-ci est rendu difficilement observable par la « variété des situations locales et des enjeux régionaux, nationaux et communautaires »

puisque « toute partie du territoire national est désormais susceptible de faire frontière et d'être concernée par ce qui se passe au-delà des frontières » (Hamez 2004, p.360).

1.3 Proposition d'un cadre conceptuel et empirique de l'internationalisation des territoires

Comme nous l'avons évoqué précédemment, l'analyse du degré d'intégration des territoires au système de mobilités européen peut s'observer à partir de la mesure de l'internationalisation des pièces euro qui y sont observées².

De nombreux travaux d'économistes, géographes ou sociologues ont depuis longtemps cherché à mesurer le degré d'internationalisation des territoires (états, villes ou régions) dans une perspective comparative, dans le temps ou dans l'espace. Depuis la fin de la guerre froide, ces travaux se sont multipliés, généralement comme appui à la validation de théories portant sur la dynamique du processus de mondialisation (Krugman *et al.* 1995, Castells 1996, Fujita *et al.* 1999). Depuis le début des années 2000 (en relation par exemple avec la Stratégie de Lisbonne) elles sont fréquemment mobilisées dans des études prospectives visant à évaluer la compétitivité des pays, des villes ou des régions. Le capital de relations internationales d'une métropole est, par exemple, supposé offrir à la fois des opportunités en matière de compétitivité et réduire la vulnérabilité face aux chocs exogènes (Camagni 2008).

Cet usage empirique et politique croissant d'indicateurs d'internationalisation ne semble toutefois pas s'être accompagné de recherches théoriques approfondies sur la conceptualisation de la mesure de l'internationalisation, sauf exceptions (Head et Mayer 2002). Autrement dit, la plupart des études utilisent, sans les discuter, des mesures *ad hoc* (qui confortent le plus souvent la théorie de l'auteur), mais ne cherchent pas suffisamment à abstraire le problème de définition de l'internationalisation, ni même à proposer une gamme étendue de mesures. Influencées par la demande politique de « *benchmarking* », la plupart de ces études ont pour finalité de proposer, *in fine*, une hiérarchisation de l'internationalisation des territoires à partir d'un critère unique (Derruder et Witlox 2005, par exemple). Les indicateurs utilisés pour mesurer l'internationalisation sont, en général, des mesures a-spatiales qui ne prennent nullement en compte les distances entre les lieux et leur autocorrélation spatiale (Béguin 1979, Jayet 1993). Ces mesures sont, de ce fait, très sensibles au problème des unités spatiales modifiables (Madelin *et al.* 2009) ou de

2. Les paragraphes suivants sont extraits d'un article rédigé avec le Pr. Claude Grasland à l'occasion d'une communication au 50ème colloque de l'Association de Science Régionale de Langue Française ayant eu lieu à Mons (Belgique) du 8 au 11 juillet 2013 (Grasland et Le Texier 2013).

segmentation catégorielle plus ou moins fine des flux.

Notre contribution à ce débat consiste dans un premier temps à analyser le concept d'internationalisation selon trois dimensions complémentaires : l'intensité, la diversité et la portée. Il s'agit de démontrer que les trois familles d'indicateurs, qui leur sont liées, offrent simultanément une image plus riche de l'internationalisation des territoires et peuvent conduire à des classifications des lieux plus nuancées que les hiérarchies établies selon un critère unique. En effet, un territoire frontalier peut afficher une forte intensité de relations internationales, mais avec une faible diversité et une portée d'échanges faible. Inversement, une métropole éloignée des frontières mais dotée d'un aéroport international aura sans doute des relations internationales moins intenses mais plus diversifiées. Enfin, une zone touristique haut de gamme peut se caractériser par des relations internationales de grande portée.

1.3.1 Intensité de l'internationalisation

Un indicateur d'intensité de l'internationalisation a pour objectif de mesurer la part des interactions internationales dans l'ensemble des interactions nationales et internationales nouées par un territoire. Par construction, il est compris dans l'intervalle $[0; 1]$, sur une échelle allant d'une absence totale de relations internationales ($INT = 0$) à une présence exclusive de relations internationales ($INT = 1$). Notons dès à présent que, pour tous les indicateurs, les valeurs de 0 et 1 correspondent à des situations théoriques difficilement concevables dans la réalité.

Les indicateurs d'intensité de l'internationalisation sont certainement les plus nombreux dans la littérature scientifique, en particulier au sein des analyses politiques. Un tel engouement peut s'expliquer par le fait que les unités géographiques jouissant d'indicateurs d'intensité élevés sont généralement considérées comme des unités polarisantes, voire dominantes. L'intensité de l'internationalisation d'un lieu est, au même titre, le plus souvent interprétée comme garante d'un haut niveau de compétitivité internationale (Frémont et Soppé 2005) et/ou d'une bonne intégration à un système régional (Richard et Tobelem Zanin 2007). L'intensité peut être mesurée à partir de flux portant sur des objets aussi variés que des investissements, des travailleurs qualifiés (Sassen 1990), des passagers aériens (Cattan 1995b) ou encore des étudiants étrangers (Matznetter 2010).

1.3.2 Diversité de l'internationalisation

Un indicateur de diversité de l'internationalisation mesure le degré d'équirépartition des échanges internationaux ou, si l'on préfère, l'absence de spécialisation des relations inter-

nationales d'un territoire. Il varie entre 0 et 1 sur une échelle allant de la concentration exclusive des relations sur un seul partenaire ($DIV = 0$) à la répartition à part égale des échanges entre le plus grand nombre de partenaires possibles ($DIV = 1$). Les différences entre unités géographiques ne sont alors plus réduites à des écarts de taille, mais à des différences de structures.

Ainsi conceptualisée, cette question rejoint celle de la mesure des spécialisations spatiales, qui a fait l'objet d'une vaste littérature en science régionale, tant chez les géographes (Béguin 1979, par exemple) que chez les économistes (Jayet 1993, par exemple). La capacité d'un territoire à se mettre en réseau, avec une plus ou moins grande variété de lieux, a notamment été étudiée en géographie des transports à travers le concept de *hub*³. Plus un *hub* est fréquenté et plus il a une composante connexe importante, plus il est considéré comme un lieu stratégique, en quelque sorte comme le véritable « point névralgique » du réseau (Puel et Ullmann 2006).

En termes de développement économique, la diversité est souvent vue comme un objectif stratégique. Ainsi, l'intégration d'une firme multinationale dans plusieurs marchés nationaux est supposée lui offrir une plus grande stabilité face aux fluctuations du marché (Shaked 1986). Il a également été montré que plus le niveau de développement économique d'un pays était élevé, plus celui-ci s'inscrivait dans des réseaux d'échanges aux origines géographiques diversifiées, notamment dans le cas des produits culturels (Masood 2012). De même, la littérature sur les métropoles mondiales s'accorde sur l'importance du caractère cosmopolite des villes au regard de leur attractivité internationale (Brenner 1998).

La question des mesures de diversité des relations internationales existe en géographie sociale depuis les travaux fondateurs de l'Ecole de Chicago. Mesurer la diversité des origines internationales des habitants d'un quartier rejoint alors la question des mesures d'endogamie ou d'exogamie que l'on retrouve chez les politistes (Sullivan 1973, par exemple) ou les sociologues (Blau 1977; 1994, par exemple). Le mélange de populations d'origines variées au sein d'unités territoriales est un « classique » de l'analyse de la ségrégation résidentielle. Depuis les travaux pionniers de Duncan et Duncan (1955), les indices permettant d'étudier les différentes formes de la répartition de groupes ethniques ou sociaux dans l'espace et dans le temps se sont multipliés (Apparicio 2000).

Qu'elle soit sociale, écologique ou économique, il est généralement admis que la diversification des systèmes apporte une plus grande résilience (Aschan-Leygonie 2000). Le concept de résilience vient de la physique et désigne la « capacité d'un système à pouvoir intégrer dans son fonctionnement une perturbation, sans pour autant changer de structure qualitative » (Holling 1973). Aussi, plus les composantes d'un ensemble spatial sont

3. Un *hub* (noeud d'interconnexion) désigne un centre de redistribution qui permet de relier de nombreux noeuds du réseau (O'Kelly et Miller 1994).

interconnectées, plus celui-ci est supposé stable, bien que la diversification d'un système n'induisse pas forcément un comportement fortement résilient, comme l'a illustrée la crise économique de 2008.

1.3.3 Portée de l'internationalisation

Un indicateur de portée de l'internationalisation mesure le degré d'éloignement des échanges internationaux qui sont noués par un territoire en fonction d'une hypothèse sur l'obstacle que constitue cet éloignement pour la mise en relation des lieux. En effet, un pays situé au coeur de l'espace européen peut être plus intensément « internationalisé » qu'un pays situé dans la périphérie de cet espace, sans toutefois parvenir à créer des liens en dehors de son voisinage. La prise en compte de la portée spatiale des échanges d'une unité permet donc de distinguer les échanges relatifs aux effets banals de proximité, et, de ce fait, permet de déterminer la position plus ou moins centrale de l'unité dans le système (Sheppard 2012). L'internationalisation est donc liée ici à la notion d'attraction, au sens que lui donnait Reilly (1931), pour lequel la délimitation des aires d'influence des lieux était définie par leur capacité à attirer des flux à plus ou moins grandes distances selon la puissance des pôles attracteurs.

Sans toutefois intégrer une variable de distance dans leurs mesures, de nombreuses analyses ont utilisé un argument spatial afin de distinguer des centres régionaux et internationaux, qu'il s'agisse de la capacité des revues scientifiques à attirer des auteurs étrangers venant de pays éloignés (Rey-Rochan et Martin-Sempere 2004) ou de trafics aériens de passagers internationaux (Cattan 2004). A notre connaissance, les analyses ayant utilisé une mesure de la portée spatiale des flux comme indicateur d'un degré plus ou moins fort de l'internationalisation des lieux sont plus rares (Morellet 1997, Grasland 2009, Pan *et al.* 2012).

Conclusion du chapitre

L'enjeu de ce premier chapitre était de replacer l'analyse des répartitions monétaires dans l'étude plus générale des circulations internationales et de l'intégration européenne. Partant d'un historique de l'intégration monétaire en Europe, nous avons élargi le concept d'intégration européenne à celui d'intégration sociale territorialisée. Ceci nous a permis de montrer que les échanges monétaires pouvaient servir de base à l'analyse des interactions individuelles établies entre des territoires appartenant à des pays différents.

Nous nous sommes ainsi questionnés, dans un second temps, sur les types de mobilités à l'origine du passage de frontières par les pièces euro. Nous avons déterminé qu'il s'agissait de déplacements internationaux pouvant s'établir avec des portées spatiales et temporelles diverses. Nous avons fait l'hypothèse que les trois chemins privilégiés de la circulation internationale des pièces euro étaient ceux des mobilités transfrontalières établies quotidiennement pour des motifs professionnels ou de loisirs principalement, des mobilités métropolitaines qui seraient plus ponctuées dans l'espace et dans le temps, et enfin des mobilités touristiques mettant en réseaux certaines parties du territoire européen de façon saisonnière.

Nous avons enfin proposé un cadre conceptuel et empirique de l'internationalisation des territoires. Il s'agissait de montrer que le degré de mise en réseau des résidents d'un espace particulier avec le reste du territoire européen pouvait se mesurer de trois manières différentes selon que l'on s'intéressait à l'intensité de ces relations, à la diversité des pays connectés ou encore à la portée des échanges. La prise en considération de ces trois dimensions complémentaires du concept d'internationalisation a pour objectif d'aider à une meilleure caractérisation de l'intégration européenne des territoires observée par le prisme des circulations individuelles.

CHAPITRE 2

L'étude de la circulation monétaire comme marqueur des relations entre sociétés

Qu'est-ce qu'une monnaie, lorsqu'elle est dépourvue de signification politique et de valeur fiduciaire ? Georges Depeyrot, 2002.

Introduction du chapitre

Depuis plus d'un demi-siècle, les historiens utilisent la circulation monétaire comme un indicateur des chemins de mobilités antiques et médiévales. En effet, dès la création des premières monnaies métalliques par les rois de Lydie en Asie mineure au VII^{ème} siècle avant J.-C., les pièces ont accompagné les échanges économiques et culturels à travers l'espace et le temps. Traces matérielles de ces échanges, elles signalent les lieux de passages et de contacts entre les peuples, et délimitent des territoires politiques.

Cependant, ce n'est que très récemment que la source que constitue la monnaie a éveillé l'intérêt de scientifiques travaillant sur des phénomènes modernes et surtout contemporaines. Depuis une dizaine d'années, des géographes et physiciens américains ont par exemple suivi les billets de un dollar à travers le territoire des Etats-Unis pour approcher d'autres phénomènes de diffusion à travers le pays. La mise en circulation de l'euro a quant à elle suscité un véritable engouement de la part de chercheurs européens d'horizons scientifiques différents dont les travaux ont bénéficié d'une répercussion relativement importante dans les médias. Malgré la diversité des approches et des questions de recherche,

le même postulat se retrouve dans chacune de leurs analyses. En dehors de son caractère marchand et politique, une troisième fonctionnalité peut être attribuée à la monnaie : celle de marqueur des traces des mobilités individuelles.

La revue de la littérature présentée dans ce chapitre dépeint, sans prétendre à l'exhaustivité, un large éventail de problématiques et de méthodes de recherche ayant recours à cette source originale qu'est la monnaie. Nous avons choisi de les présenter dans leur dimension chronologique et par grands domaines scientifiques afin de distinguer les questionnements et positionnements propres à chaque discipline.

Ce chapitre s'organise en deux temps. Dans une première partie, nous ferons un bref panorama des manières dont les historiens, les archéologues et les numismates¹ ont mobilisé cet objet dans le cadre de leurs investigations, et des implications soulevées par cette optique d'analyse. Dans la seconde partie du chapitre, nous retracerons les grandes interrogations ayant guidé les travaux des géographes, puis celles des physiciens et mathématiciens. Les résultats de ces études seront discutés tout au long de la thèse. Ils ne feront donc pas l'objet d'une description détaillée dans ce chapitre.

2.1 Etude des circulations monétaires anciennes

2.1.1 Historiographie de l'usage de la monnaie comme source

Selon leur période de spécialisation, les historiens n'utilisent pas la source monnaie de la même manière. Nous montrerons ainsi dans un premier temps que tant la fréquence d'utilisation de cet objet à des fins savantes que les méthodes employées dépendent des époques de production, d'enfouissement et de découverte des pièces. La question de la datation des trouvailles est d'autant plus importante qu'elle permet également de retracer des liens plus ou moins directs entre le lieu de frappe et celui de l'enfouissement, comme nous le verrons dans un second temps.

Les conclusions proposées dans cette sous-partie sont principalement issues de deux entretiens réalisés auprès d'historiens spécialistes de la monnaie. Le premier a été conduit le 8 avril 2013 auprès d'Antony Hostein, maître de conférence à l'Université Paris I et membre de l'UMR d'Anthropologie et Histoires des Mondes Antique (AnHiMA - UMR 8210). Dans le second entretien, effectué le 14 juin 2013, nous interrogeons Georges Depeyrot, directeur de recherche au CNRS et à l'Ecole Normale Supérieure, et membre de l'UMR Archéologie

1. Dans la suite du chapitre, nous utiliserons le raccourci « historiens » pour désigner la communauté des historiens, archéologues et numismates, afin d'éviter d'entrer dans des querelles de frontières sur lesquelles nous ne sommes pas compétents.

et Philologie d'Orient et d'Occident (AOROC - UMR 8546)². La conduite de ces deux entretiens s'est imposée lorsque nous avons pris conscience, au cours de nos recherches bibliographiques, que les ouvrages sur la monnaie sont « rares et souvent très techniques » (Depeyrot 2001).

Naissance et évolution de la numismatique, d'après G. Depeyrot et A. Hostein

La monnaie est devenue un objet d'étude à la Renaissance, époque à laquelle sont apparues les premières collections publiques et privées de monnaie (Metcalf 2013). En effet, la redécouverte de l'Antiquité a amené les savants de l'époque à questionner les filiations entre dirigeants romains et à en établir des chronologies spécifiques. L'intérêt était alors essentiellement porté aux portraits représentés sur la face des pièces de monnaie (figure 2.1). Il est intéressant de noter que le phénomène prit tant d'ampleur qu'il entraîna la production d'imitations de pièces antiques visant à combler les manques dans les collections. Certains centres de production monétaire, parmi lesquels celui de Padoue est le plus connu, étaient même spécialisés dans ce type de reproduction monétaire.



FIGURE 2.1 – Denier à l'effigie de Septime Sévère datant de 198-200 ap. J.-C..

Le droit (à gauche) représente la tête laurée de l'empereur. Sur le revers (à droite) est représentée la déesse romaine Juno Moneta (qui donne son origine au terme « Monnaie ») assise tenant une balance et une corne d'abondance.

Par la suite, ces études se sont progressivement étendues à la monnaie grecque. Les pièces étant frappées à l'effigie des héros, des dieux ou des productions locales des cités (figure 2.2), l'intérêt porté à la monnaie s'est alors déplacé vers une approche rappelant celle de l'histoire de l'art contemporaine, s'intéressant notamment à des questions culturelles, artistiques et esthétiques.

La numismatique comme spécialité scientifique s'est développée au début du XIXe siècle, après un premier essor au XVIIIe siècle. Sous la Restauration, les rois ont encouragé les

2. Les entretiens ayant été conduits de façon informelle, nous ne sommes pas en mesure d'en retranscrire le contenu exact. Nous avons donc demandé à ces deux chercheurs d'approuver le contenu de cette partie avant sa publication. Nous assumons évidemment seuls les erreurs ou lacunes qui pourraient y demeurer.



FIGURE 2.2 – Monnaie de Métaponte (droit à gauche et revers à droite) datant de 500-480 av. J.-C. représentant un épi de blé à 7 grains : la Sicile était un des greniers à blés du monde grec.

études sur le rôle et l'histoire des rois de France. C'est l'époque de la création de l'Ecole des Chartes et de la Revue Numismatique par exemple. Au cours du XIXe siècle les collections de monnaie se sont développées et des marchands se sont spécialisés. Ils ont souvent encouragé la constitution de corpus et même parfois financé leurs publications. Ces travaux des années 1860-1890 sont les bases de la recherche numismatique contemporaine.

La recherche historique s'est développée en même temps. On s'est intéressé aux types, à la chronologie, et aux inventaires des trésors monétaires. Dans les années 1960, le développement de l'archéologie a entraîné un développement des études sur les monnaies découvertes en contexte archéologique ainsi que sur l'étude de la circulation monétaire. Les trouvailles monétaires servant de marqueur chronologique et d'indicateur du niveau de fréquentation du site, de nombreux inventaires et analyses de fréquence des trouvailles ont alors été produits. Ceux-ci visaient à définir des sur et sous-abondances de trouvailles monétaires des sites à partir d'une comparaison « régionale »³ (Reece 2003).

Les différentes trouvailles ont peu à peu été étudiées en contexte, faisant émerger de nouveaux questionnements. Les premiers, issus d'une approche culturaliste et sociologique, ont cherché à comprendre comment l'étude des trouvailles pouvait renseigner l'historien sur les us et coutumes des différents peuples, leurs liens de filiation ou le statut du propriétaire de la monnaie, par exemple. Le second grand domaine d'études historiques portant sur les trouvailles monétaires s'intéresse à la circulation de la monnaie. Dans cette optique, il nous faut mentionner le fait que les historiens de l'Antiquité et du Moyen-Age mobilisent également les trouvailles monétaires afin de retracer les mobilités spatiales individuelles.

Le travail d'inventaires et d'analyses des trouvailles monétaires ainsi réalisé est fondé sur des objectifs très similaires à ceux exposés dans cette thèse, comme l'illustrent par exemple les citations suivantes, extraites de travaux d'historiens :

3. Le mot « région » renvoie ici à des portions d'espace d'échelles très variables selon les cas et dont les limites définies par la localisation des découvertes semblent le plus souvent constantes.

- « Il convient donc d'exposer les découvertes inventoriées, de tenter de retisser les fils ténus qui relient les lieux de trouvailles et les lieux d'émissions, et, plus important, de retrouver les frappes absentes, les émissions trop abondantes, qui sont les traces des événements centraux dont les zones lointaines enregistrent les retombées » (Chameroy *et al.* 2002, p.30) ;
- « The presence of a considerable quantity of foreign coins in a distant region poses the questions of which historical and economic factors prompted their movement and what was the significance of these coins in the barbarian milieu and which effect they had on the local society and economy » (Ujes 2002, p.8) ;
- « It was my aim to study Sasanian coins and trace, as far as possible, the routes of their spread over the territory of Georgia, to know how, when and why they could be exported out of the Empire and what was their use and life on the territory of Georgia. » (Tsotselia 2002).

Les différentes problématiques ainsi soulevées seront exposées plus en détail au moment de la présentation des études portant sur les circulations monétaires anciennes.

Il faut toutefois souligner d'emblée une différence méthodologique importante avec notre étude de l'euro, qui tient au statut des frontières et des entités politiques au cours de l'histoire. En l'absence de fixation précise des frontières (*limes*, marges, ...) l'analyse de la circulation est spatiale (de point à point) plutôt que territoriale (d'espace délimité à espace délimité).

De l'affaiblissement de l'usage de la monnaie métallique comme source chez les modernistes et contemporanistes

Contrairement aux historiens de l'Antiquité qui s'intéressent d'autant plus aux découvertes monétaires que les autres documents sont rares, les spécialistes des périodes modernes et contemporaines n'utilisent que très peu la circulation monétaire comme source historique. Ceci s'explique notamment par le fait que d'autres sources d'information ont été privilégiées (textes, peintures, etc.), leur valeur informative apparaissant alors comme plus élevée. Cet état de fait est d'autant plus vrai que les frappes sont standardisées ou que la période étudiée est temporellement proche de la période d'étude.

La circulation des pièces de monnaie a de plus été complètement bouleversée à partir du XIV^{ème} siècle. En effet, avec le développement du commerce international et l'accroissement des problèmes relatifs à la circulation des pièces (poids, possibilité de vol, etc.), le rôle des banques (lettres de change, crédits, emprunts, chèques) et plus généralement

des transferts virtuels d'argent est devenu prépondérant dans les échanges commerciaux. La monnaie physique a été, par conséquent, de plus en plus cantonnée à des transactions secondaires ou à un rôle de réserve, comme en témoignent les archives des grands banquiers européens (Hauser 1929). Les échanges bancaires se faisaient par le biais d'une référence à une unité de compte, correspondant soit à une monnaie émise par un royaume dominant sur le plan économique, soit à une monnaie fictive telle que le sou en Europe occidentale au Moyen-Age (Day 1998, Bompaire 2002). Comme les marchands récupéraient des encaisses locales en contrepartie de leurs monnaies scripturales, l'utilisation de la circulation des pièces de monnaie ne permettait plus de retracer leurs déplacements. Toutefois, il est important de noter que les lettres de change n'ont pas aboli la circulation extra-régionale des pièces de monnaie, puisque celles-ci étaient utilisées lors des foires, au cours de pèlerinages, ou à d'autres occasions qui voyaient se rencontrer et échanger un grand nombre d'individus.

Notons d'autre part que la monnaie scripturale n'est pas une invention du XIV^{ème} siècle. Des systèmes de dettes et de comptabilité se sont notamment développés avec la construction de formes politiques antérieurs aux états modernes. A titre d'exemple, les papyrus et textes retrouvés sur des inscriptions datant de l'époque romaine montrent qu'il existait une véritable comptabilité d'Empire, induisant des allers-retours de documents comptables avec ses créanciers. Ces documents sont cependant rares (Minaud 2005). Il est abusif de parler ici d'Etat, mais on peut néanmoins affirmer que des réseaux de pouvoir (au sens large) ont très tôt organisé des circulations autonomes spécifiques. En témoigne également la monnaie scripturale utilisée au VI^{ème} sous forme de comptabilité entre différents réseaux de l'Eglise, ou encore lors des remises de dettes des villes.

Un second événement a profondément contribué à réduire le rôle des encaisses métalliques au profit de la monnaie scripturale : la découverte de l'Amérique par Christophe Colomb. En effet, dès la fin du XV^{ème} siècle, quantités d'argent et d'or vont arriver en Europe via l'Espagne et le Portugal, récents conquérants du continent américain. Cette nouvelle abondance des deux métaux va permettre de frapper de grosses monnaies (i.e., en métal pur et de poids important), causant une vague d'inflation. Cette abondance de métal a aussi contribué à la multiplication des ateliers monétaires. Ces monnaies étant en outre lourdes à porter et donc difficilement transportables, le rôle des banquiers et de la monnaie scripturale s'est largement accru.

L'histoire moderne et contemporaine se sont donc plus intéressées à la diffusion des pratiques de monétarisation et aux liens économiques entre pays qu'aux traces des circulations internationales observables à partir de la répartition des trouvailles. Il nous paraît important d'indiquer ici que l'analyse de la circulation monétaire ne fait également pas l'objet du même intérêt de recherche selon le pays d'accueil des équipes de recherche. G.

Depeyrot (2002b, p.52) voit même une « corrélation entre le centralisme numismatique et l'inefficacité des chercheurs ». Selon lui, la centralisation de l'institution numismatique (concentration des ouvrages, des bibliothèques, etc.) dans certains pays a créé des « déserts numismatiques ». Ceux-ci expliqueraient pourquoi, à titre d'exemple, « les trouvailles monétaires de l'Empire romain, largement méditerranéen, sont mieux publiées dans les zones les plus extrêmes de l'Empire ».

L'étude de la circulation monétaire à partir des trouvailles isolées et des trésors

L'étude de la circulation monétaire à l'époque antique et médiévale se fonde sur l'usage de deux types de données : les trouvailles monétaires de pièces isolées et les trouvailles monétaires de groupes de pièces enfouies, que nous regrouperons sous le terme générique de « trésor », ou dépôts (Aubin 2007). La distinction entre trouvailles isolées et trésor est importante puisque ces deux matériaux de recherche apportent des informations différentes sur l'utilisation de la monnaie. En effet, les monnaies déposées dans les trésors offrent des ensembles parfois sélectionnés, et seraient liées à des transactions importantes au regard des quantités et des valeurs échangées. Il est ainsi aisé d'imaginer que des pièces de faibles valeurs aient été en circulation aux mêmes périodes, mais ne se retrouvent dans aucun trésor.

La thésaurisation des pièces de monnaies est en effet plus ou moins forte selon leur valeur. Certaines dénominations permettent ainsi de rendre compte des activités économiques du quotidien. C'est par exemple le cas des monnaies de bronze à l'époque romaine, lesquelles servaient à acheter du pain, du blé, du bois, ou encore à payer les artisans. Les monnaies d'or ou d'argent, réservées à l'élite, circulaient selon les déplacements des représentants du pouvoir, des grands négociants et des armées.

L'avvers d'une pièce (aussi appelé droit) donne généralement l'identité de l'émetteur, mais les indications plus précises (effigie, lieu et date de frappe) se trouvent souvent au revers. Pour les monnaies grecques, la cité d'émission se détermine par l'étude des symboles inscrits sur les pièces. Pour de rares séries, le mois et l'année de frappe figuraient également sur les monnaies d'or, d'argent ou de bronze. Pour les monnaies romaines, l'atelier de production est connu, mais la datation n'est possible que par l'étude du droit qui porte l'effigie ou le nom de l'émetteur, ainsi que par l'examen détaillé des revers.

La détermination de la date d'enfouissement d'une pièce ou d'un trésor est plus compliquée. En effet, aucune information ne renseigne sur les échanges ayant conduit une pièce à se déplacer de son lieu d'émission à son lieu d'enfouissement ⁴. L'étude du frai, c'est-à-dire

4. Ce problème est analogue à celui des porte-monnaie contenant des pièces euro faisant l'objet de notre thèse.

de l'usure de la monnaie liée à sa circulation et non aux conditions de sa préservation, permet néanmoins de déterminer la plus ou moins grande circulation d'une monnaie, car selon le métal de la monnaie, l'usure va être plus ou moins rapide (Delamare 1994). Pour les trésors, le *Terminus Post-Quem* est également utilisé dans le travail de datation. Ce terme désigne la dernière pièce datée dans le trésor. Il s'agit donc d'un terminus de frappe, qui ne correspond cependant pas forcément à un terminus d'usage, ni à la date de l'enfouissement.

Or, l'interprétation d'une pièce dans un trésor ne peut se faire sans étudier le trésor dans son ensemble. En effet, les trésors sont le fruit d'une d'accumulation (figure 2.3). Il faut donc estimer les différentes périodes de dépôt, un trésor dont le terminus de frappe date du III^{ème} siècle pouvant par exemple avoir été enfoui au IV^{ème} siècle. Des monnaies romaines ont ainsi été retrouvées dans des trésors féodaux, celles-ci continuant de circuler alors même qu'elles n'avaient plus cours légal (Petit 1985). La notion d'homogénéité monétaire étant une notion récente, les pièces de monnaie découvertes dans les trésors ne permettent pas de dater son enfouissement avec précision absolue, mais donnent plutôt une indication relative.

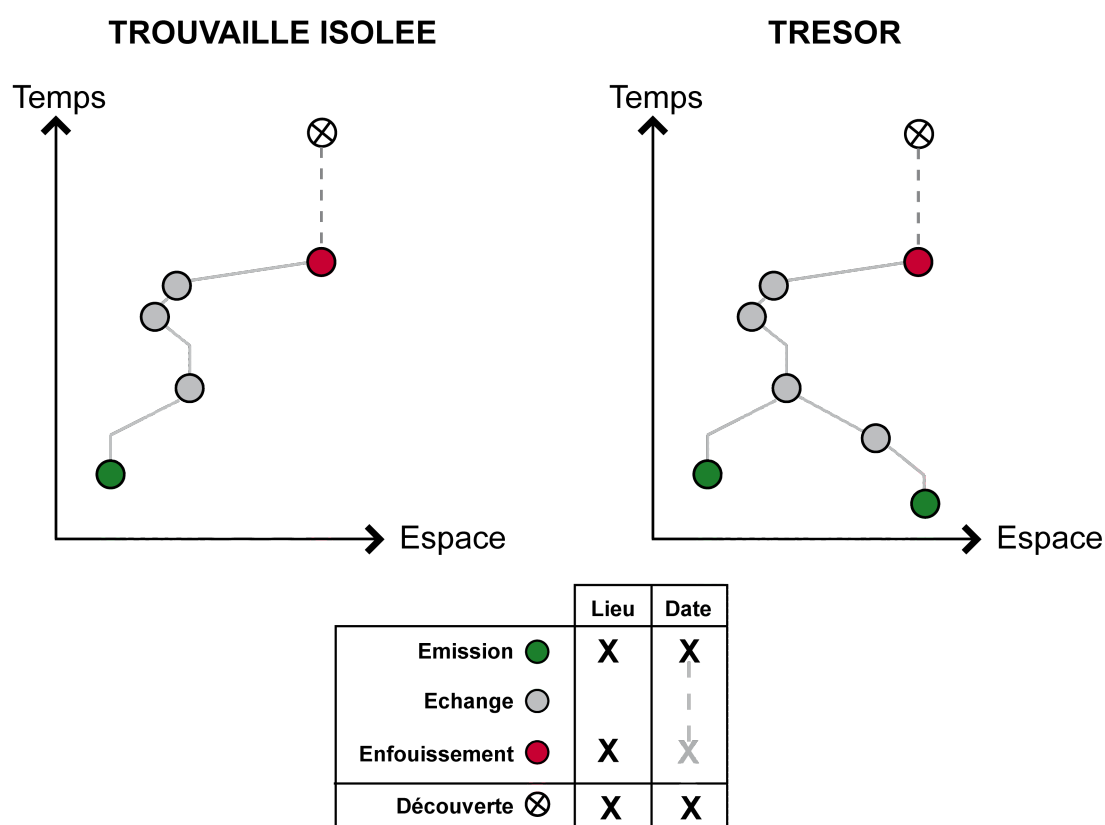


FIGURE 2.3 – Représentation du prisme spatio-temporel des mouvements ayant conduits à l'enfouissement des trouvailles

Enfin, les relations entre les lieux de trouvaille et de production des pièces peuvent avoir

été indirectes. A titre d'exemple, l'atelier de Rome produisait l'écrasante majorité des monnaies pendant le Haut-Empire. Ces monnaies se sont diffusées sur l'ensemble du territoire, sans qu'il ait forcément existé des relations commerciales ou militaires privilégiées entre les sites de trouvaille et la capitale de l'Empire, mais des relations politiques, fiscales ou plus simplement d'appartenance à l'Empire (Depeyrot 2002b). Il est toutefois possible de déduire si les lieux de frappe et les lieux de trouvailles ont entretenu ou non des liens spécifiques une fois pris en compte l'effet mécanique joué par l'éloignement sur la diffusion des pièces, mais également de celui des différentiels observés au regard de la quantité de pièces émises par les ateliers. La connaissance et l'interprétation des dates et des lieux d'émission et d'enfouissement dépend en outre de la période de découverte des monnaies (c.f. section 2.1.1).

Cependant, la production des ateliers a grandement varié au cours du temps. Lorsque cela a été possible, le dénombrement des coins monétaires (instruments employés lors de la frappe d'une série de monnaie permettant d'en marquer la face et l'envers) a permis d'approximer la production des différents ateliers. Des méthodes moins directes ont également été employées. La prise en compte du nombre de légions et de la valeur des soldes a permis d'estimer le nombre de pièces produites, les rythmes de la production monétaire à l'époque ancienne étant en règle générale corrélés aux besoins des armées. Les stocks monétaires variaient également fortement en fonction des dons que réalisaient les empereurs, de la production des mines, des pillages, etc.

2.1.2 Les principaux questionnements des historiens de l'Antiquité et du Moyen-Age concernant la circulation des monnaies métalliques

Après avoir discuté les sources, nous donnons un aperçu des principales problématiques de recherche guidant les travaux d'historiens sur les causes et moyens de la circulation monétaire aux époques antiques et médiévales. Elle sera illustrée à partir de quelques exemples, repris en différents points de la démonstration.

Monnaies supra-nationales, unification économique et voies de commerce

Les pièces émises par les royaumes hellénistiques, l'Empire romain, les grandes entités politiques voisines, Parthes, Sassanides ou encore par la civilisation islamique médiévale, offrent autant d'exemples de monnaie ayant circulé sur des dizaines de milliers de kilomètres, dépassant parfois les territoires politiques des pouvoirs émetteurs. L'apparition de

ces monnaies « supra-nationales »⁵ ou « supra-impériales » pouvait tout autant résulter d'une volonté politique d'unification économique de certaines zones via la production de monnaie d'export, que d'échanges commerciaux non institutionnalisés (Depeyrot 2002a).

Ainsi, la quasi totalité des dirhams découverts en dehors d'Asie Centrale ont été produits par les Samanides au X^{ème} siècle dans les ateliers de Samarqand (actuel Ouzbékistan), ce qui témoigne d'une intention politique de création d'une monnaie d'exportation (Kovalev 2002). La fonction principale de ces pièces de monnaie semble avoir été de permettre au territoire politique émetteur d'échanger avec l'Europe du Nord, une large partie d'entre elles y ayant été retrouvées. Les trouvailles monétaires indiquent, en effet, que les relations marchandes entre les deux rives de la Méditerranée étaient réduites, alors que les relations commerciales étaient intenses entre la Scandinavie et le sud de l'actuelle Russie (Sourdel 1999).

Pour le cas de l'Empire romain, les trouvailles faites dans des territoires appartenant aux peuples barbares installés au-delà du *limes* (frontières militarisées) semblent, quant à elles, indiquer une intégration de ces peuples qui auraient adopté d'eux-mêmes certaines monnaies romaines comme moyen d'échange (Chameroy *et al.* 2002). Les rapports de concurrence et de domination des grandes villes italiennes entre les XIII^{ème} et XV^{ème} siècles ont également pu être étudiés à partir des trouvailles monétaires, lesquelles témoignent du rôle plus ou moins international de ces monnaies (Coativy 2003).

Les trouvailles monétaires ont également permis de révéler des relations plus ponctuelles entre peuples et sociétés, dans l'espace et dans le temps. A titre d'exemple, les monnaies romaines de la fin de l'Antiquité étaient plus utilisées comme cadeaux ou tributs que pour leurs valeurs numéraires dans les territoires du *Barbaricum*⁶. Les pièces retrouvées dans ces territoires sont en effet souvent percées ou trouées car montées en bijoux dans les territoires barbares (Bursche 2002). On observe également que les deniers, qui constituaient la monnaie la plus utilisée dans l'Empire romain, n'ont été découverts que dans certaines grandes places de marché et ports de commerce au delà du *limes* (Bursche 2002). L'intensité des exportations monétaires semble bien correspondre à celles des échanges commerciaux entre l'Empire et le *Barbaricum*, et témoignerait ainsi de relations privilégiées entre ces différents peuples. De telles interprétations doivent toutefois être nuancées puisque les exportations monétaires de l'Empire vers les territoires lui étant frontaliers ont très également pu être drainées par les envois et rappels de troupes militaires du *Barbaricum*⁷ vers l'Empire (Chameroy *et al.* 2002).

5. Le terme est évidemment anachronique mais est utilisé faute de mieux pour caractériser les échanges entre territoires politiques.

6. Le terme signifiait chez les romains le « territoire des barbares » et désignait tout espace situé à l'extérieur de l'Empire.

7. Le *Barbaricum* désignait chez les romains la « terre des barbares », autrement tout espace extérieur

De nombreux exemples viennent illustrer l'importance du commerce dans la diffusion des monnaies à travers l'espace et le temps. Le commerce de sel de certaines régions balkaniques comme les régions salines d'Olténie (actuelle Roumanie), au VI^{ème} siècle, semble avoir laissé des traces visibles dans cet espace géographique, puisqu'on y observe une importante concentration des découvertes de monnaies byzantines en or et en bronze (Oberländer-Târnoveau 2002). Ces monnaies d'or sont peut-être également liées aux fortifications et à la défense des frontières byzantines. De la même manière, les trouvailles monétaires étrangères en Géorgie datant de la période Sassanide ont permis de suivre le tracé d'une des principales routes servant au commerce international du III^{ème} au VII^{ème} siècle de notre ère (Tsotselia 2002). Les territoires de mobilité des marchands russes au début du Moyen-Age ont également pu être définis à partir des découvertes de monnaies Sassanides dans le nord ouest de la Russie. Durant les mois d'été, ces marchands descendaient la Volga afin de vendre des « biens », tout aussi variés que des esclaves, des épées, ou encore des fourrures. N'acceptant d'être payés qu'en monnaie d'argent, ils rapportaient ensuite les monnaies dans leur territoire d'origine où elles se mélangeaient avec la monnaie locale ou servaient d'étalon lors d'échanges commerciaux avec d'autres pays d'Europe du Nord, et notamment avec la Suède (Kovalev 2002).

Toutefois, la fonctionnalité commerciale de la monnaie n'était pas toujours conservée chez les peuples barbares, étrangers à de tels pratiques, ce au profit d'un système de troc (Oberländer-Târnoveau 2002). Son utilisation en tant que moyen d'échange semble ainsi avoir été très proche de ceux des autres produits « industriels » romains (Chameroy, 2002). Et, même au sein de ce que Bursche (2002) nomme les « communautés passerelles », vivant près du *limes* et faisant le pont entre l'Empire et les peuples barbares⁸ et par qui la monnaie était aussi utilisée comme richesse personnelle, les valeurs des pièces variaient d'une transaction à une autre.

Les aires de diffusion du numéraire des grands empires vers leurs périphéries ne se superposent pas uniquement aux zones de transactions commerciales, et les facteurs culturels et religieux servent également d'explications, bien que moins fréquente, dans l'analyse de la géographie des trouvailles. De tels liens ont, par exemple, été déduits de l'observation d'une corrélation entre les zones de grandes concentrations de monnaies byzantines en bronze et d'objets de cultes chrétiens datant du VI^{ème} au VIII^{ème} siècles (Oberländer-Târnoveau 2002).

à l'Empire.

8. Ce qui n'est pas s'en rappeler la définition de l'ourlet frontalier par Ratzel (1897).

Guerres et paix : domination politique, tributs et *donativa* au temps des grands empires

La régularité spatiale des trouvailles a également permis de mieux définir certaines relations politiques entre sociétés et territoires. Aussi, selon Chameroy (2002), la composition des trouvailles isolées et de dépôts retrouvés de part et d'autre du *limes*, qui indique une exportation monétaire « réglée et sélective », peut aussi être comprise comme étant le produit des relations politiques d'un empire avec son voisinage. La prépondérance des pièces en or dans les trouvailles monétaires du début des VI^{ème} et VII^{ème} siècles dans l'espace nord-danubien semble par exemple indiquer un statut politique privilégié de ces territoires vis-à-vis de l'Empire Byzantin, bien que restant indépendants sur le plan administratif (Oberländer-Târnoveanu 2002).

L'implication du pouvoir central dans la circulation monétaire a également pu être plus directe, soit par le paiement de fonctionnaires pour le contrôle des frontières, soit par celui des armées et des mercenaires servant en leur sein (Bursche 2002, Ujes 2002). Ainsi, la diffusion des pièces de l'intérieur de l'Empire Romain vers ses périphéries serait liée au commerce et au paiement des armées, mais également aux rétributions faites aux mercenaires barbares servant à leurs côtés (Moisil 2002). Des Germains ayant combattu pour l'Empire auraient ainsi pu rapporter dans leurs foyers d'origine les monnaies leur ayant été versées en guise de tributs (Chameroy 2002).

La politique de contrôle sur les échanges frontaliers et sur la circulation des « étrangers » menée par l'Empire byzantin à l'intérieur de ses provinces (et notamment les plus frontalières d'entre elles) et en des points d'accès stratégiques (routes, embouchures de fleuves et de rivières, etc) est, elle aussi, une explication privilégiée des schémas de diffusion de son numéraire par-delà ses frontières (Oberländer-Târnoveanu 2002). De la même manière, la plupart des trésors comprenant des pièces d'origine Sassanide auraient été enfouis durant les guerres qui opposèrent Byzance aux Perses aux VI^{ème} et VII^{ème} siècles ou sont à mettre en lien avec les invasions perpétuées par les armées Sassanides dans l'est de la Géorgie (Tsotselia 2002).

La grande circulation monétaire s'explique également par des pratiques d'ordre diplomatique. A titre d'exemple, d'importantes sommes d'or ont été versées par l'empereur byzantin Léon I^{er} aux Ostrogoths de Pannonie après que ces derniers se soient révoltés en 461 en raison de l'arrêt du versement de leurs tributs par les Romains pour leur rôle de fédérés (*foederati*). Les liens des Ostrogoths avec les peuples du Nord expliquent ainsi non seulement la découverte de nombreux *solidi* (pièces romaines) de cette époque en Scandinavie, mais également celles des nombreuses pièces d'or, par le biais des *donativa*, ces récompenses exceptionnelles données à un corps de troupe (Chameroy 2002). Les motifs

des *donativa* pourraient être beaucoup plus larges, allant jusqu'à la propagande politique, comme l'illustrent les hausses de fréquence des trésors constitués peu après l'avènement d'un nouvel empereur - on parle de *donativum* d'avènement - comme le montre la figure 2.4 (Chameroy 2002). Il semble que les nobles Ibériens (peuples de l'actuelle Géorgie appelée Ibérie par les Grecs) aient reçu, de la même manière, des monnaies d'argent et d'or de la part des premiers rois sassanides en tant que cadeaux diplomatiques, supposés garantir la paix (Tsotselia 2002).

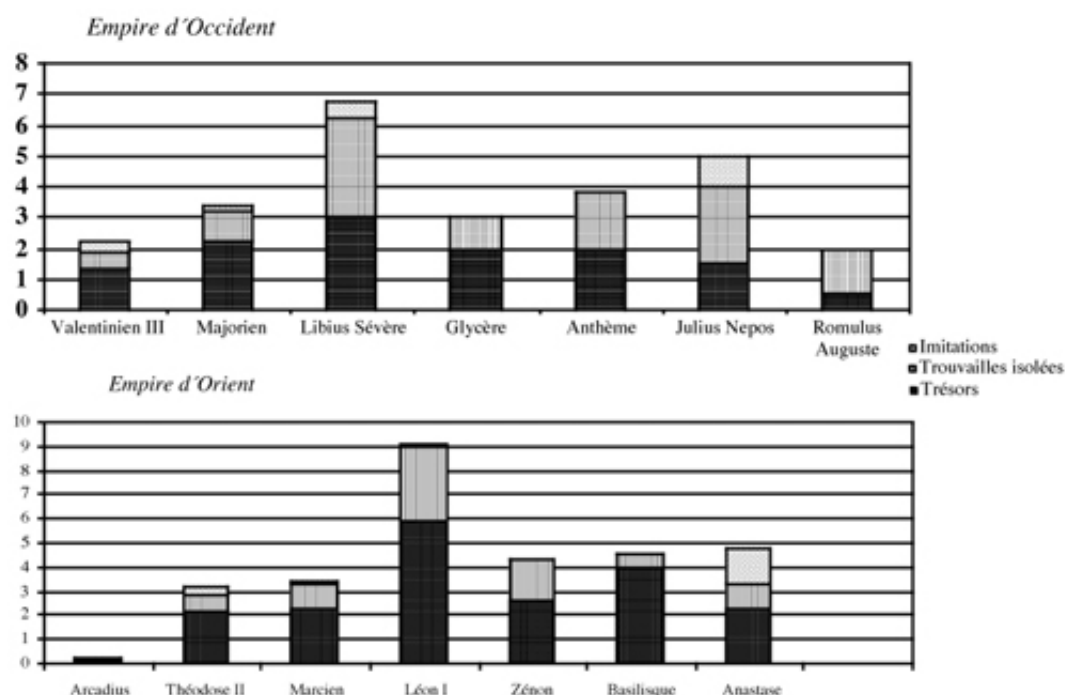


FIGURE 2.4 – Nombre de *solidi* du Ve siècle par année de règne découverts à Öland, Gotland et Bornholm (Suède). Source : Chameroy (2002, p.53)

Les échanges monétaires liés à des stratégies politiques ou à des activités militaires auraient, de plus, largement contribué à la production de monnaies locales, souvent des imitations, venant remplacer les monnaies d'import. Ce fut par exemple le cas chez certains peuples barbares ayant fourni les mercenaires à l'Empire romain au cours de l'Antiquité (Chameroy *et al.* 2002, Ujes 2002).

Détermination des flux et effets de barrière à travers l'étude de la circulation monétaire

L'observation d'un arrêt dans la circulation des pièces à partir de l'analyse des dépôts, qu'il soit temporel ou géographique, permet également d'émettre des interprétations sur la structure des relations entre peuples. L'une des principales causes avancées est celle de la

démonétarisation des pièces hors de leurs zones d'utilisation officielle. Aussi, de l'Antiquité au haut Moyen Âge, le monnayage romain a souvent perdu sa fonction monétaire une fois la frontière traversée, et sa circulation relevait alors de circuits liés aux échanges de matières premières, servant notamment de lingot ou de métal de fonte (Chameroy *et al.* 2002).

Ces transformations de l'objet pièce par une utilisation non monétaire ont également pu se faire via la « mise en bijou ». Certaines pièces ont ainsi été transformées en bijoux, laissant penser qu'elles servaient de symboles de prestige et de pouvoir pour les élites des peuples germaniques. De la même manière, les dépôts funéraires semblent être une cause majeure d'enfouissement du numéraire romain. Cadeaux funéraires ou trésors de guerre, de nombreux *denarii* datant du début du III^e siècle ont ainsi été retrouvés près de ceintures militaires, ou encore de peignes et semblent avoir été enfouis à la suite d'une cérémonie de sacrifice ou d'une crémation dotée d'une dimension rituelle (Bursche 2002).

On trouve d'autres raisons à l'affaiblissement de la diffusion d'une monnaie hors de son territoire, et parmi elles, l'arrêt brutal des contacts entre peuples en constitue l'exemple le plus extrême (Ujes 2002). En effet, l'abandon d'une monnaie pouvait également résulter de troubles économiques et sociaux, de phénomènes de dépeuplement ou encore d'un mauvais fonctionnement de l'administration (Oberländer-Târnoveau 2002).

L'arrêt de l'émission d'une monnaie reste toutefois l'explication privilégiée du déclin de son exportation et signale parfois un tournant politique majeur dans la vie du territoire émetteur. A titre d'exemple, les empereurs romains commandaient la mise en circulation d'une nouvelle monnaie à la suite de leur avènement. L'analyse des trouvailles monétaires a également permis de montrer que, hors des zones d'utilisation officielles, les anciennes monnaies continuaient malgré tout d'être utilisées, et que leur circulation se superposait alors à celles des nouvelles dénominations (Chameroy 2002). Certaines trouvailles monétaires dans le *Barbaricum* ont ainsi révélé des usages parfois postérieurs de 250 ans au retrait officiel de la monnaie du marché (Moisil 2002).

Enfin, des éléments naturels ont également pu jouer le rôle de barrières aux contacts et échanges entre peuples. A partir de l'analyse de la circulation monétaire, Coativy (2003) décrypte le rôle des frontières physiques et de l'accessibilité des territoires situés de part et d'autre des frontières dans les relations entre peuples européens au Moyen-Âge. Comparant la répartition des trouvailles monétaires d'argent et d'or dans les Alpes à celle des monnaies anglaises ou espagnoles observées en France, il montre un accroissement progressif de la porosité des Alpes vers la fin du Moyen Âge. Cette étude lui permet de conclure, qu'à l'inverse des montagnes, la mer ne constituait pas une barrière infranchissable mais un lien entre les hommes.

2.2 Etude de la circulation monétaire actuelle

2.2.1 Vers une géographie contemporaine de la circulation monétaire

La première étude géographique de la circulation monétaire que nous avons retenue fut réalisée aux débuts des années 1980, par l'universitaire américain Tobler (1981). Partant du postulat que les réseaux d'échanges monétaires étaient une illustration indirecte des réseaux de mobilités et de relations individuelles, il construisit des modèles de potentiel d'interaction entre territoires américains à partir d'une base de données construite et publiée dans un ouvrage de Pignatello (1977) recensant le nombre de billets échangés entre les douze districts de la Federal Reserve Board américaine et observés le 1er février 1976 dans un échantillon de *MacDonalds outlets*.

Dans les travaux de W. Tobler, la monnaie n'est qu'un outil de calibrage de modèles génériques sur les interactions entre territoires. Celle-ci devient un véritable objet d'étude géographique avec la mise en place de la monnaie commune en Europe, qui engagea deux chercheurs français, C. Grasland (UMR 8504 Géographie-Cités, Université Paris 7 et UMS RIATE) et F. Guérin-Pace (UR12-INED, UMR 8504 Géographie-Cités) à lancer une série d'enquêtes visant à connaître le contenu du porte-monnaie des habitants de l'Eurozone. Pour eux, la diffusion des pièces euro représentait une véritable opportunité d'observation des mouvements des individus et des contacts entre pays de la zone dans leurs dynamiques spatio-temporelles. Les données recueillies dans ces enquêtes constituent le matériau au coeur de l'analyse proposée dans cette thèse et seront présentées en chapitre 3.

Comprendre les aspects élémentaires de la circulation de l'euro

Selon Grasland *et al.* (2005a), la circulation des pièces euro étrangères est le résultat, la trace, de contacts directs ou indirects entre individus, qui s'opèrent via le biais de réservoirs monétaires actifs. Des entretiens menés auprès de la direction du Trésor et de la Banque de France ont permis à Grasland et Guérin-Pace (2004) d'identifier trois réservoirs de pièces principaux dans la zone euro : les réservoirs bancaires, les réservoirs commerciaux et les réservoirs domestiques (représentant environ la moitié de l'ensemble des pièces mises en circulation). Chaque réservoir peut-être actif (et donc favoriser la circulation des pièces) ou inactif (c'est en général le cas des réserves de pièces faites par les banques ou les commerces et des tirelires).

En France, la circulation des pièces s'opérant dans la sphère bancaire se fait à partir de la Banque de France à travers son réseau départemental d'établissements qui fournit

les agences bancaires en rouleaux de pièces, lesquelles les redistribuent par la suite aux commerçants. Les transferts bancaires ont pour objectif principal d'éviter les pénuries de réserves. Toutefois, le biais que cela pourrait induire dans une analyse de la circulation des euros étrangers à une échelle locale reste faible, la régulation des stocks se faisant à l'échelle départementale, et très rarement entre départements excédentaires ou déficitaires.

De plus, de nombreuses pièces euro sortent du système monétaire (pertes, stocks, localisation hors zone euro). Il en résulte que les réapprovisionnements engendrent le plus souvent l'arrivée de pièces nouvellement frappées par la banque centrale du pays (Grasland et Guérin-Pace 2004, van Blokland *et al.* 2002). Si un tel processus ralentit le brassage des différentes origines de pièces, les réseaux de mobilité internationale décrits par les pièces n'en sont, eux, pas modifiés. En effet, les coûts de déplacements (liés aux volumes et poids des pièces et aux procédures de sécurité des convois monétaires) tendent à réduire au maximum les transferts de pièces à des échelles géographiques autres que locales (Grasland *et al.* 2005b). Les schémas de circulation internationale des pièces ne sont donc affectés par la sphère bancaire que si les banques centrales s'achètent des pièces entre elles. A notre connaissance, ceci n'est arrivé qu'une fois, lorsqu'en raison d'une prévision insuffisante de pièces de 50 cents par la Banque de France, une commande de 100 millions de pièces a été passée à la Banque d'Espagne, au début de l'année 2002.

En outre, même s'il est possible que des échanges se fassent directement entre réservoirs commerciaux, comme lorsqu'un « commerçant n'ayant plus de pièces demande à un autre de lui en fournir » (Grasland et Guérin-Pace 2004), ces derniers n'occasionnent qu'une mobilité à très courte distance des pièces puisqu'il s'agit de réservoirs statiques. Des échanges s'opérant directement entre individus peuvent également avoir lieu (Grasland et Guérin-Pace 2004). C'est le cas de l'argent de poche qu'un parent peut donner à son enfant, de la monnaie déposée dans le pot commun familial, de la mendicité, des pourboires, des prêts ou dons entre amis, collègues, etc. L'ensemble des échanges entre réservoirs domestiques nécessite un face à face entre individus et ne modifient donc pas les motifs de la répartition spatio-temporelle des euros étrangers.

Grasland *et al.* (2005b) font ainsi le postulat que la circulation des pièces de monnaie résulte principalement du déplacement des individus et de la succession de leurs transactions par le biais de réservoirs commerciaux. La « monnaie portée » (Grasland et Guérin-Pace 2004) n'en reste pas moins une trace difficilement interprétable, et l'observation du contenu des porte-monnaie n'assure en rien d'un lien direct entre le pays d'émission et le porteur, comme l'illustre la figure 2.5.

L'échange d'une pièce entre deux individus par l'intermédiaire d'un réservoir commercial rend néanmoins nécessaire le fait que ces derniers se retrouvent au même endroit dans une période de temps assez restreinte. Ainsi, si les réservoirs commerciaux alimentent la

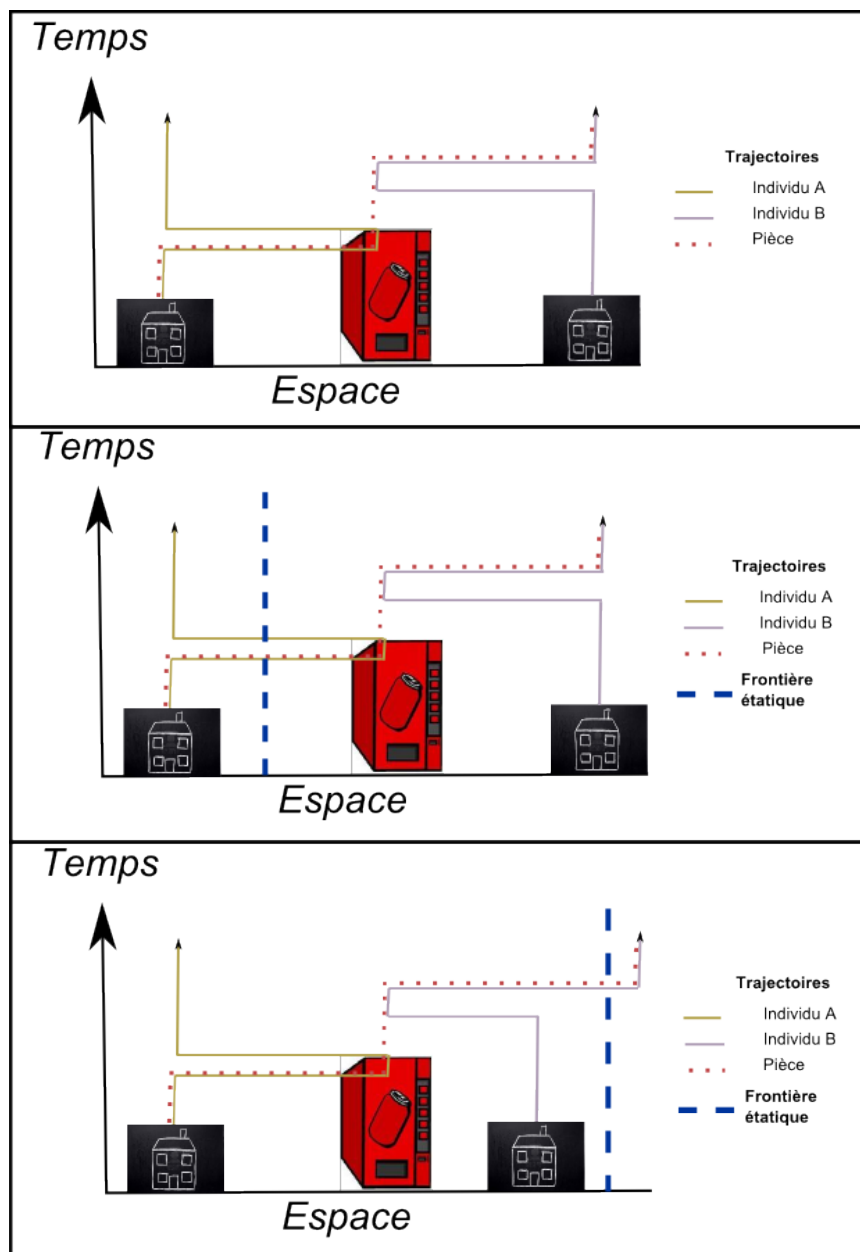


FIGURE 2.5 – Schématisation de mobilités individuelles à l'origine de la circulation des pièces (d'après C. Grasland et F. Guérin-Pace, 2004).

circulation des pièces, ce sont les personnes qui en sont les vecteurs via leurs déplacements au sein d'un territoire national ou à travers les frontières. Ces transactions se faisant en chaîne, une pièce peut circuler au sein d'un même pays pendant un certain laps de temps pour ensuite passer la frontière et ne plus s'échanger que dans ce nouveau pays, ou bien avoir un mouvement de va-et-vient incessant entre les deux pays, comme dans des espaces où s'observent quotidiennement des mobilités transfrontalières.

Une fois le réservoir individuel actif défini comme objet d'étude, les chercheurs ont dû réfléchir à la délimitation précise de cet objet. Fallait-il considérer de la même manière

une pièce se trouvant dans la poche du pantalon de l'individu enquêté que celles situées dans son porte-monnaie ou encore celles déposées dans un réservoir commun au reste du ménage, et donc cantonnées à un espace de mobilité très restreint ? Plus que le concept de réservoir « actif », c'est celui de « monnaie portée » qui a été retenu, en ce sens que les pièces devaient avoir eu la possibilité d'être échangées au cours d'un ensemble de déplacements réalisés par leur propriétaire (au moment de leur observation).

Que faire d'une pièce « oubliée » au fond d'un sac à main, ayant donc suivi les mobilités de son porteur, mais sans avoir eu la possibilité d'être utilisée ? Fallait-il considérer de la même manière un porte-monnaie dont la dernière utilisation datait d'une semaine ou bien d'un jour ou de quelques heures ? Afin de ne pas discriminer les porte-monnaie en fonction des habitudes de paiement, et donc d'être représentatifs d'un maximum de pratiques et d'individus, C. Grasland et F. Guérin-Pace ont choisi de tenir compte de l'ensemble de ces cas. Ainsi, la question posée à l'enquête spécifiait que l'on souhaitait observer les pièces localisées « dans [son] porte-monnaie ou sur [lui] ».

Comprendre les logiques socio-spatiales ayant mené à une répartition différenciée des origines de pièces

Issus de la géographie et de la démographie, les questionnements des deux chercheurs portent avant tout sur la valeur heuristique de la répartition spatiale et sociale des pièces euro étrangères, dans l'optique d'une meilleure connaissance des mobilités internationales à l'intérieur de l'espace européen. Leur postulat principal était que l'arrivée d'une vague conséquente de pièces originaires d'un pays de l'EMU dans un territoire marquait la trace des mobilités à l'origine de ces importants dépôts et reflétait ainsi des contacts significatifs entre les deux unités spatiales. Ils ont donc cherché à observer les régularités qui témoigneraient de ces passages, de l'intensité des échanges se nouant entre différents lieux.

Les deux chercheurs se sont interrogés sur les logiques spatiales à l'origine de la circulation des pièces euro. S'appuyant sur la « première loi de géographie » de W. Tobler qui stipule que « Tout interagit avec tout, mais deux objets proches ont plus de chance de le faire que deux objets éloignés », leurs premiers travaux ont d'abord voulu mesurer l'influence de la distance au pays émetteur au moyen de la probabilité pour un individu de posséder une pièce étrangère. L'introduction de cette hypothèse théorique, volontairement générale, d'un effet dissuasif de la distance dans les déplacements internationaux leur a permis de vérifier à plusieurs reprises le rôle des logiques gravitaires dans la circulation internationale des pièces euro (Grasland *et al.* 2002, Grasland et Guérin-Pace 2004, Grasland *et al.* 2005a, Berroir *et al.* 2005, Grasland 2009).

Le poids de facteurs répondant à des logiques plus réticulaires a également été évalué, considérant que les relations entre territoires sont également dépendantes de logiques de fréquentation spatiale liées, non plus à une position géographique particulière, mais à des spécialisations territoriales (commerce, tourisme, etc). Des relations préférentielles ou des effets de barrières ont ainsi été étudiés afin de définir divers espaces de mobilité. Le rôle de l'appartenance linguistique, dans ce que Hamez (2004) nomme la « sociabilité transfrontalière » entre belges et français, a ainsi été analysée à partir des sur ou sous-représentations des pièces euro de chacun des deux pays de part et d'autre de la frontière (Berroir *et al.* 2005). Une autre étude a porté quant à elle sur la capacité de l'euro à être un marqueur indirect des relations touristiques amenant des ressortissants de l'EMU à voyager en France. Elle concluait plutôt négativement, du fait de la difficulté à distinguer les mobilités touristiques des mobilités professionnelles dans les traces observées (Grasland et Guérin-Pace 2004).

C. Grasland et F. Guérin-Pace ont également montré que la construction des réseaux d'échanges amenant à la diffusion des pièces euro étrangères ne dépend pas seulement de mécanismes agissant à une échelle méso ou macro régionale. L'individu, en tant qu'acteur plus ou moins mobile et/ou connecté au reste de l'Europe, aura potentiellement un porte-monnaie plus ou moins internationalisé. Cette introduction du fait social et territorial dans leur recherche prend racine dans les travaux des géographes et démographes sur les inégalités sociales, économiques et démographiques entre individus face aux potentiels et aux formes de mobilité. Elle est aussi liée aux recherches effectuées en sociologie moderne sur les réseaux sociaux. Reprenant plus particulièrement les travaux du sociologue américain P.M. Blau sur l'analyse structurelle des sociétés [(Blau 1993) cité dans Grasland (2009)], les auteurs ont proposé des mesures du rôle de l'appartenance sociale (âge, sexe, profession, etc) dans les opportunités de contacts internationaux des individus. Appliquée au Luxembourg, l'analyse des répartitions monétaires a par exemple permis à Sohn (2009) d'observer une sur-représentation des pièces portugaises dans les porte-monnaie de résidents originaires de ce pays.

2.2.2 Etudier la dynamique de la diffusion monétaire

La mise en circulation de l'euro a d'autre part amené des mathématiciens tels que le professeur Dietrich Stoyan, statisticien de l'Université de Fribourg (Allemagne) spécialisé dans les phénomènes aléatoires (mouvements browniens) et multiniveaux (fractales), à mettre en place des expériences de diffusion sur le brassage des pièces issues de différents pays d'Europe, à partir d'un temps zéro. Une équipe de mathématiciens et de statisticiens néerlandais, formée autour de Piet van Blokland de l'Université Libre d'Amsterdam, s'est

également intéressée à la diffusion des euros dès leur mise en circulation. Partant d'objectifs et de méthodes d'observation similaires à ceux de l'équipe allemande, le projet Eurodiffusie (www.eurodiffusie.nl/) a été développé afin de mettre en place un modèle mathématique capable de mesurer la vitesse à laquelle la diffusion des euros se ferait dans l'Eurozone. D'autre part, sans avoir fait l'objet de publications scientifiques, les travaux de plusieurs physiciens finlandais ont été présentés à des colloques (Bergman *et al.* 2002, Lauri 2006). Aux Etats-Unis, le physicien D. Brockmann s'est aussi intéressé à l'étude de la circulation monétaire en étudiant les localisations successives de billets de un dollar (par le biais de données collectées sur le site <http://www.wheresgeorge.com/>).

Ces analyses se sont concentrées sur deux problématiques communes. La première était de comprendre de quels types de mouvements observés en physiques ou en biologie la circulation des pièces pouvait être rapprochée. Ces chercheurs se sont alors demandé si les mobilités des individus porteurs de monnaie pouvaient être décrites par des lois fondamentales et guidées par des principes physiques plus généraux. La seconde visait à construire des modèles déterministes ou stochastiques permettant de modéliser les caractéristiques de la diffusion de la monnaie afin de l'appliquer, par la suite, à des processus spatio-temporels plus généraux, telle que la diffusion des épidémies.

Nous présentons ici brièvement ces différents travaux, qui seront détaillés et discutés en partie III.

La circulation des euros : un ensemble de mouvements aléatoires ?

Dans sa tentative d'explication des motifs de circulation des euros⁹, Stoyan (2002) propose deux processus principaux : la « dispersion », qui correspondrait à un mouvement aléatoire des pièces, lié à une hypermobilité internationale des individus, sans distinction de localisation résidentielle, et la « diffusion », qui s'effectuerait de proche en proche à partir des frontières et/ou de manière hiérarchique depuis les pôles urbains.

Les modèles stochastiques et dynamiques mis en oeuvre par les équipes de Van Blokland et de Stoyan ont cherché à modéliser la circulation des pièces par des équations déterministes simples aux niveaux agrégés (Etat x Etat) reposant sur une vision mono-scalaire du mouvement, ne permettant pas de distinguer les divers processus agissant à des échelles spatio-temporelles différentes. En outre, les chaînes de Markov (modèles discrets à deux états : pièce nationale ou étrangère) utilisées s'appuient sur le postulat « irréaliste » que chaque porte-monnaie et chaque transaction répètent les mêmes rapports de proportion (Seitz *et al.* 2009).

9. Seule la diffusion des pièces de 1 euro a été modélisée, ce qui constitue un biais d'observation important comme nous le verrons tout au long de la thèse.

De leur côté, les physiciens américains travaillant autour de D. Brockmann ont cherché à définir la famille de mouvements aléatoires qui permettait de décrire au mieux les mouvements des individus en observant la circulation des billets d'un dollar. Partant du constat que, d'une part, l'évolution des moyens de transports a permis aux humains de se déplacer à des échelles territoriales très diverses et dans un laps de temps court, et que, de l'autre, il existe une domination des déplacements de courte portée qui se mêlent à des interactions à grande distance, Thiemann *et al.* (2010) se sont intéressés aux vols de Lévy. Ces mouvements aléatoires décrivent des trajectoires individuelles déviées au hasard (identiques à celles de rayons lumineux) combinant un petit nombre de pas de très grande portée et de nombreux autres de faible portée. Comme le montre la figure 2.6¹⁰, l'intérêt particulier des vols de Lévy au regard d'autres mouvements browniens, comme ceux utilisés par Stoyan ou Blockland, réside dans leur capacité à prendre en compte les mobilités à différentes échelles (Brockmann et Hufnagel 2007).

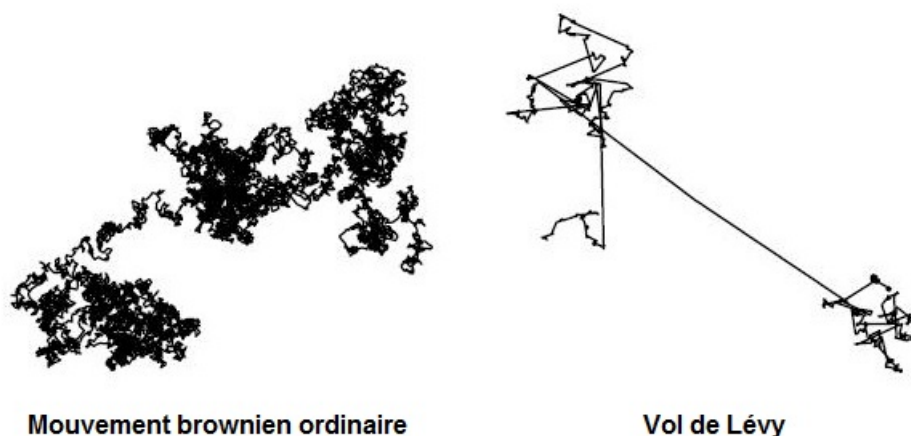


FIGURE 2.6 – Mouvements aléatoires ordinaires et vols de Lévy (Source : Brockmann et Hufnagel (2007, p.114))

On retrouve là la loi puissance utilisée pour décrire les mobilités humaines, bien documentée depuis les travaux de Reilly (1931), Stewart (1947).

Diffusion des pièces et équilibres

L'intérêt de l'euro comme objet d'étude pour les physiciens réside aussi dans le fait que sa circulation constitue un exemple de diffusion pour lequel l'état au temps 0 est connu, ce qui est rarement le cas de phénomènes physiques observés. La mise en circulation de la

10. **Légende (traduction personnelle de la légende originale) :** A gauche, la trajectoire d'un mouvement aléatoire ordinaire en deux dimensions, équivalent à un mouvement brownien s'établissant sur des larges échelles spatio-temporelles. A droite, la trajectoire d'un processus de Cauci à deux dimensions (c'est-à-dire d'un vol de Lévy avec un exposant de Lévy égal à 1) montre des agglomérations locales entrecoupées de sauts à longue distance.

monnaie unique est en cela considérée comme une entrée originale pour tenter de prédire la vitesse de diffusion d'une épidémie à partir de la date à laquelle un mélange parfait des pièces pourrait être atteint.

Ainsi, les différences entre pays au regard des degrés de concentration en pièces selon le pays d'émission sont supposées s'estomper au cours du temps, pour atteindre un mélange quasi-homogène sur l'ensemble de la zone où la présence de chaque origine sera proportionnelle à sa part dans la production totale des pays de la zone euro. Lorsque les différentes origines de pièces se retrouvent de manière équilibrée dans le système, un état « stationnaire final » est alors supposé atteint. La diffusion des pièces euro étrangères a ainsi été comparée au mélange de différents gaz ou encore à la diffusion de la fumée ou d'un parfum (van Blokland *et al.* 2002, Stoyan 2002, Stoyan *et al.* 2004, Seitz *et al.* 2009; 2012).

Cependant les stocks conservés dans les réservoirs bancaires et commerciaux viennent ralentir le brassage (van Blokland *et al.* 2002). Les auteurs notent que l'effet « tirelire » (mise de côté dans un réservoir privé pour épargne), les collections et les pertes sont autant de facteurs de mise en circulation de nouvelles pièces, venant à leur tour augmenter les nouvelles émissions et donc la part des pièces nationales dans le pays (Seitz *et al.* 2009). Des facteurs venant perturber la continuité temporelle de la diffusion ont ainsi été progressivement intégrés dans leurs modèles.

Aucun de ces modèles ne tenant compte des inégalités territoriales observées aux échelles méso-géographiques et individuelles, ni des variations saisonnières des flux liées au tourisme, nous montrerons néanmoins dans la dernière partie de la thèse qu'ils ne sont pas à même de reproduire la diffusion des euros entre pays d'Europe.

Conclusion du chapitre

Des études numismatiques présentées en début de chapitre, nous retiendrons tout particulièrement que les hypothèses formulées sur les relations entre sociétés et territoires dépendent de la répartition des différents types de pièces observés et qu'une pièce analysée de manière indépendante du reste d'un dépôt n'indique rien sur les motifs de son enfouissement. Les travaux des historiens montrent de plus que ces hypothèses doivent être adaptées en fonction de la valeur de la pièce puisque les pièces de forte valeur ont eu tendance à se déplacer plus loin que les autres.

Nous montrerons au cours du prochain chapitre que l'importance d'un travail à l'échelle des agrégats d'observation - le porte-monnaie dans le cas des enquêtes ESDO, lequel pourrait être rapproché d'un « trésor » - et d'une prise en compte de la valeur des pièces dans

l'attribution de l'exceptionnalité plus ou moins grande d'une pièce, permettent d'affiner les indicateurs définis dans les travaux de géographie précédant cette thèse. Nous exposerons notamment l'existence d'une relation causale entre les caractéristiques socio-territoriales de l'individu-porteur et le contenu (taille et composition) de son porte-monnaie.

Les postulats sous-jacents aux études de modélisation dynamique de la diffusion des pièces euro seront également questionnés et leurs effets mesurés dans le chapitre 6 de la thèse. Nous mesurerons plus spécifiquement l'implication du choix des unités spatiales comme entités élémentaires sur les sorties du modèle en comparant des modélisations agrégées et individus-centrées du système. Nous discuterons également de l'impact d'une démarche de modélisation continue, en introduisant l'hypothèse que les échanges monétaires ont lieu suite aux mouvements des personnes et non de façon synchronique. Enfin, nous questionnerons l'effet sur les prévisions offertes de la définition des échanges en tant que processus unidirectionnels. En effet, les modèles markoviens postulent que les individus résidant dans le pays de destination des flux d'individus mobiles ne reçoivent pas de pièces au cours de transactions monétaires.

La dimension spatiale sera, en outre, intégrée en chapitre 7 afin de mesurer son effet dans le processus de diffusion de façon dynamique. Nous montrerons que, si l'essence de la diffusion des euros tient bien à la répétition de transactions monétaires effectuées par des individus (ou parfois entre un individu et une machine) se trouvant au même endroit au même moment, on repère des effets distincts, mais combinés, des différents canaux de mobilité individuelle sur la répartition des pièces, observée à un niveau agrégé.

Du contenu des porte-monnaie à l'interprétation des traces de la mobilité internationale dans la zone euro : le nécessaire filtrage des données

Rien n'est trace par nature, avant que [les] dispositions d'esprit [de l'historien] et ses questions lui fassent remarquer ce qui peut l'informer, et qui prend, alors, le statut de « source ». Henri Moniot, *Didactique de l'Histoire*, Paris, Nathan, 1993, p. 50.

Introduction du chapitre

Les chapitres précédents ont permis de montrer l'intérêt de l'étude de la répartition monétaire comme marqueur des mobilités internationales réalisées dans les espaces de circulation des pièces. Ils ont également révélé que la mise en circulation de l'euro ouvrait un champ d'étude novateur et interdisciplinaire qui pourrait permettre, à terme, de caractériser les interactions entre individus résidant de parts et autres des frontières étatiques séparant les pays de la zone euro.

La poursuite de l'exploration de ce champ a conduit à de nombreuses avancées ces dix dernières années. Malgré cela, les travaux de différentes équipes se poursuivent afin de définir des indicateurs plus précis et pertinents de l'état et de l'évolution de la mise en réseaux internationale des territoires. Plusieurs productions scientifiques précédant cette thèse ont démontré la difficulté de l'utilisation de la monnaie comme source d'information

géographique (c.f. la revue de la littérature présentée dans le chapitre précédent - chapitre 2). En effet, les échanges monétaires ne peuvent être observés qu'à travers le prisme d'une matrice multidimensionnelle, les relations recensées entre couples de lieux au cours du temps dépendant grandement des échelles spatio-temporelles observées et des caractéristiques socio-démographiques de leurs résidents. Les modalités d'observation des traces de la mobilité internationale que constituent les répartitions monétaires figureront ainsi au centre du questionnement présenté dans ce chapitre.

Dans une première partie, nous replacerons l'analyse de la répartition monétaire dans le contexte plus large de l'étude des traces laissées par les mobilités individuelles à diverses échelles. Elle témoignera notamment de la rareté des bases de données permettant de suivre les mobilités individuelles dans leur ensemble. L'analyse des trajectoires individuelles proposée dans cette thèse repose sur l'utilisation de données d'enquête rendant compte de la composition de porte-monnaie observés dans différents espaces et à différentes périodes. Afin de faciliter la compréhension du cadre d'étude, nous présenterons dans la seconde partie du chapitre le contexte de réalisation et le contenu de ces enquêtes. Enfin, nous discuterons dans une troisième partie de l'importance du porte-monnaie dans la réalisation du transfert que nous faisons de l'observation de la mobilité des pièces à la mise en relation des territoires

3.1 Comment enregistrer les mobilités individuelles ?

Les schémas de mobilité individuelle sont devenus si denses et si compliqués, par l'imbrication des échelles spatiales et temporelles, des motifs de déplacements, ou des modes de transports utilisés (Bell et Ward 2000) qu'il est aujourd'hui difficile de proposer une vue d'ensemble de ces mobilités (Grasland *et al.* 2005b). Beaucoup d'études récentes ont privilégié l'analyse de flux internationaux particuliers, et parmi eux le trafic aérien - qu'il soit international ou domestique (voir à ce propos les nombreuses études publiées sur le site du groupe de recherche Gatwc - Globalization and World-Cities)-, les flux touristiques des déplacements humains (Berroir *et al.* 2011) ou encore les migrations pendulaires (van Oort *et al.* 2010). En outre, avec le développement des moyens de télécommunications, de nouvelles méthodes de comptage ont été mises en place pour « suivre les individus à la trace » (Terrier 2006).

3.1.1 Différentes formes de traqueurs

Les journaux de bord, qui permettent de récolter des données spatio-temporelles sur les activités d'un individu au cours du temps, représentent la méthode la plus ancienne de

récolte de données longitudinales, et notamment de mobilité. Ce dispositif d'enquête a par exemple été utilisé dès la fin des années 1920 par l'Office Statistique National du Reich (Schlich et Axhausen 2003). L'utilisation des journaux de bord s'est ensuite développée avec l'apparition de la *time-geography* (Hägerstrand 1970) et des études sur les transports (Askevis-Leherpeux 1985). Au plus proche de l'individu, ces données ne permettent cependant pas de rendre compte des motifs et des chemins de la mobilité individuelle de manière satisfaisante. De plus, il n'est pas rare de constater des trous dans le chemin spatio-temporel des déplacements individuels retranscrits dans les carnets de bord, et ce pour des raisons aussi variées que l'oubli, la volonté de raccourcir le temps d'enquête, la gêne, etc. (Golob et Meurs 1986).

La récolte de données précises sur les mouvements des personnes (mais aussi des animaux, des véhicules ou des marchandises) est aujourd'hui facilitée par l'apparition des technologies de géolocalisation active, et notamment du GPS et de la téléphonie mobile (Terrier 2006). Ces technologies, qui permettent de mesurer la localisation d'entités à de multiples échelles spatiales et/ou temporelles, font toutefois face à une difficulté commune : l'enregistrement de la localisation dépend de la résolution spatio-temporelle offerte par la technologie employée, laquelle transforme un mouvement continu en une suite de points spécifiques dans le temps (Miller 2004).

Le traçage des mobilités individuelles via l'utilisation d'un téléphone portable souffre ainsi de divers problèmes. Celui-ci est en premier lieu conditionné par la possession d'un téléphone portable. Ensuite, la résolution spatiale de l'information collectée dépend de la densité du semis d'antennes, les enregistrements ne pouvant se faire que lorsqu'un utilisateur passe d'une zone à une autre (Gonzalez *et al.* 2008). La récolte des données dépend en outre des modalités d'utilisation du téléphone : fréquence des appels, période de fonctionnement (les signaux échangés avec les relais se font lorsque le téléphone est allumé), abonnement international permettant de changer de réseau automatiquement lors du passage d'une frontière, etc. (Terrier 2006).

Les données GPS offrent quant à elles une bonne résolution spatio-temporelle puisqu'elles peuvent produire des données de localisation à la seconde avec une précision de quelques mètres seulement (Wolf *et al.* 2001). Néanmoins, la fréquence et l'ampleur des études utilisant ces données sont faibles, la mise en place d'une base de données adaptée ayant un coût important, principalement lié au couplage des données GPS avec un système d'enregistrement (Terrier 2006).

D'autres méthodes ont tenté d'allier la géolocalisation active à la connaissance du motif de déplacement. Nombre d'études ont ainsi combiné l'utilisation du système GPS avec des données sur les déplacements individuels collectées par le biais d'un journal de bord (Kohla et Meschik 2013). D'autres recherches ont suppléé ce dernier en déduisant le motif

du déplacement directement de l'information collectée par le GPS, et notamment par l'utilisation de données sur l'occupation du sol (Wolf *et al.* 2001).

Par ailleurs, la caractérisation des mobilités individuelles est étroitement liée à différents enjeux sociétaux : celle-ci permettrait par exemple d'améliorer les prises de décision d'acteurs économiques, ou encore celles des aménageurs et des urbanistes (Phithakkitnukoon *et al.* 2010). L'utilisation des technologies de géolocalisation dans l'analyse des mobilités individuelles fait néanmoins l'objet de critiques sur le non respect de l'anonymat des personnes. Le recours aux puces RFID (*radio frequency identification*), qui permettent une géolocalisation passive dans un rayon de cent mètres pour un coût minime (estimé à un euro par puce) sans nécessiter l'accord des porteurs, pose notamment problème (Terrier 2006).

Si des réticences existent, un nombre croissant de personnes enregistrent aussi leur localisation de manière volontaire sur Internet (Lerin *et al.* 2011). On observe, d'une manière plus générale, une envolée de la participation volontaire à la collecte de données géographiques, par le biais de la photographie notamment (Goodchild 2007). Le site *geocaching.com* (figure 3.1) offre une illustration ludique de cet engouement qu'une partie de la société mondiale partage pour la géolocalisation sur internet. Créé en 2000, le site organise une chasse au trésor continue regroupant plus de 5 millions d'utilisateurs de par le monde. Ce site permet à la fois de retracer la trajectoire des différents objets composant les trésors, déplacés de cachettes en cachettes à mesure qu'ils sont découverts par les participants, et de connaître la localisation de ses utilisateurs (Brockmann et Theis 2008).



FIGURE 3.1 – Extrait de la page d'accueil du site *Geocaching* (Source : www.geocaching.com/, consulté le 14 décembre 2012)

3.1.2 Traquer la circulation de la monnaie

Comme nous l'avons évoqué dans le chapitre précédent, la circulation monétaire peut, elle aussi, être utilisée comme un marqueur global des mobilités. Mais à l'inverse des téléphones mobiles, la monnaie n'est pas utilisée par un même individu au cours du temps et ne suit donc pas l'ensemble de ses déplacements. Elle offre malgré tout une indication des réseaux de relations individuelles qui se tissent en certains endroits du monde. Si la monnaie scripturale (formée par les comptes bancaires) paraît difficile à enquêter pour des raisons de confidentialité, de concurrence commerciale, etc., de nombreux sites internet se sont ouverts dans le monde pour suivre la circulation des billets et, depuis l'introduction de l'euro, des pièces de monnaie.

La première expérience de ce type a été lancée en 1999 par Hank Eskin, un américain architecte de profession, qui pensait qu'il « pourrait être cool de traquer les billets » de dollars, comme il l'exprime dans un entretien accordé au journal *USA Today* du 27 août 1999. Le site *wheresgeorge.com* a depuis enregistré plus de 240 millions de billets de dollars, toutes dénominations comprises. Toutefois, cette large participation (stimulée par un système de tampon des billets par les participants faisant la publicité du site) reste le fait d'un petit nombre d'utilisateurs très assidus, comme le remarquent des physiciens américains utilisant ces données (Brockmann et Theis 2008).

Depuis, d'autres sites de ce type ont été créés. Pour n'en citer que quelques uns : *Where's Willy* au Canada, *Where's Lizzy* au Royaume-Uni, *Track Ghandi* en Inde, ou encore *Where's Renminbi* en Chine. La mise en circulation de la monnaie unique en Europe a quant-à-elle donné naissance au site *EuroBillTracker*. International et bénévole, il permet aux utilisateurs d'enregistrer les numéros de série des billets en euro qu'ils détiennent, ainsi que la localisation géographique du lieu d'obtention.

Dans le cadre d'une étude sur les circulations individuelles en Europe, le billet est à utiliser avec précaution : identifier le pays d'émission et celui de mise en circulation du billet est en effet bien plus compliqué qu'il n'y paraît. Si la banque centrale européenne est l'émetteur légal des billets en euro, la responsabilité de l'entretien et de la circulation de l'euro incombe aux banques centrales de chaque pays (Mirigay et Moreau 2010). Ces dernières sont responsables de la production d'une ou plusieurs coupures, et le numéro de série du billet renseigne sur le pays chargé de son émission. Chaque pays est spécialisé dans la production de certaines valeurs, et les billets remis par la BCE à un pays ne sont pas nécessairement émis par ce dernier. Les biais ainsi introduits rendent difficile le déchiffrement des schémas de circulation que l'on pourrait obtenir à partir d'enquêtes telles que celle menée par le site *EuroBillTracker*.

D'autres formes d'enquêtes volontaires se sont intéressées à la circulation de la monnaie unique, en observant la répartition des différents types de pièces (croisement de l'origine et de la valeur) contenus dans le porte-monnaie des participants ; l'exemple le plus probant étant le site néerlandais *Eurodiffusie*. Au-delà des difficultés d'interprétation de la répartition spatio-temporelle des pièces euro dont nous discuterons en seconde partie de chapitre, ces enquêtes ont pour principale limite de reposer sur le volontariat. Ces biais sont d'ailleurs communs aux sites « traqueurs de billets ».

En définitive, les enquêtes en ligne offrent de nombreux avantages tels que l'accès à un nombre important de participants potentiels, un faible coût de réalisation et une rapidité de mise en place. Mais elles ont souvent recours au principe de l'auto-sélection des répondants : les participants sont des individus ayant eu connaissance de l'enquête, trouvant un intérêt à y répondre, et, dans les cas où l'importance du nombre de répondants est élevée, l'échantillon recueilli n'est pas représentatif de la population étudiée (Bethlehem 2009). De plus, ces enquêtes ne concernent que les utilisateurs d'Internet. Or, selon Eurostat seuls trois quarts des ménages de l'UE des 27 avaient un accès internet au premier trimestre 2011, contre environ 50% début 2006 (Eurostat 2008). La répartition inégale de l'accès à Internet au sein de la population européenne entache donc la qualité du panel des enquêtés, certaines catégories de population étant sur- ou sous-représentées (Bethlehem 2002).

Dernière limite des sites « traquant » la circulation monétaire à l'aide de participants

volontaires : la régularité de la participation varie grandement d'un individu à l'autre (Brockmann et Theis 2008). Ainsi, les cinq plus grands utilisateurs du site *EuroBillTracker*¹ avaient chacun enregistré plus d'un million de billets depuis son ouverture, sur les 100 millions d'enregistrements comptabilisés. La finesse de la granularité temporelle des données du site *Eurodiffusie* (figure 3.2) en fait malgré tout un outil d'observation intéressant de la diffusion des pièces euro étrangères à l'échelle des Pays-Bas.

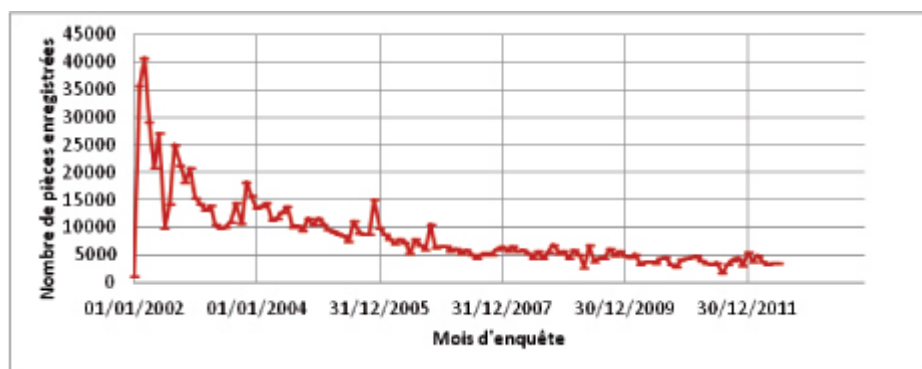


FIGURE 3.2 – Evolution du taux de participation à l'enquête *Eurodiffusie* depuis la mise en circulation de l'euro (source : www.eurodiffusie.nl/)

3.2 Les enquêtes ESDO, outil d'analyse de la mobilité monétaire et humaine

Le travail de thèse dont rend compte ce manuscrit a été effectué à partir de l'analyse d'une série d'enquêtes réalisées par l'ESDO² (c.f. chapitre 2).

Le principal avantage des enquêtes ESDO réside dans la représentativité statistique des individus enquêtés en fonction d'un certain nombre de variables caractérisant la population française. La base de données ESDO bénéficie de plus d'une bonne couverture spatio-temporelle : outre les 16 enquêtes réalisées sur le territoire français, elle dispose de données comparables pour la Belgique (décembre 2003) et l'Allemagne (décembre 2005). Elle a également pu être complétée par une enquête réalisée au Luxembourg, entre mars et août 2006, par des membres du CEPS-Instead, un institut de recherche publique luxembourgeois.

La base de données ESDO a été constituée dès 2002 dans le cadre d'un large réseau de partenaires. Plusieurs partenariats financiers, de nature très différente, ont en effet été mobilisés : les équipes d'accueil (CNRS, INED, Université Paris 7) de C. Grasland et F.

1. Le site *Eurodiffusie* ne renseigne pas sur l'activité de chacun des participants.

2. Observatoire de la diffusion spatiale des euros

Guérin-Pace, les chercheurs à l'origine du projet, mais aussi la Direction du Trésor, le Ministère du tourisme et l'ACI Systèmes Complexes en SHS ont participé au projet. La diversité institutionnelle de acteurs engagés dans le projet reflète la variété des motivations à y prendre part. La Direction du Trésor et le Ministère du tourisme cherchaient à mieux appréhender les pratiques individuelles (monétaires et de tourisme), alors que l'ACI Systèmes Complexes était intéressée par une recherche plus fondamentale et exploratoire visant à appréhender la circulation des pièces euro en tant que système complexe.

3.2.1 Méthodologie des enquêtes

Les enquêtes ESDO ont été réalisées en France sur une période de 10 ans. La première enquête, réalisée en mars 2002, a servi de galop d'essai et a notamment permis de connaître la réaction des interviewés lorsqu'on leur demandait d'ouvrir leur porte-monnaie. Il s'agissait également d'évaluer la capacité de l'euro à rendre compte des mobilités individuelles. Cette enquête a donc porté sur un nombre d'individus relativement restreint (1000 personnes), alors que le reste des enquêtes réalisées en France ont interrogé environ 2000 individus par vague.

L'historique particulier des enquêtes réalisées en France, régulièrement espacées dans le temps les quatre premières années puis de plus en plus éloignées les unes des autres pour les années suivantes (figure 3.3), permet malgré tout d'étudier la progression du brassage des pièces euro sur le territoire national de façon continue sur 10 ans. Il permet également d'observer de potentiels effets saisonniers et notamment l'apparition de pics de pièces étrangères aux périodes estivales.

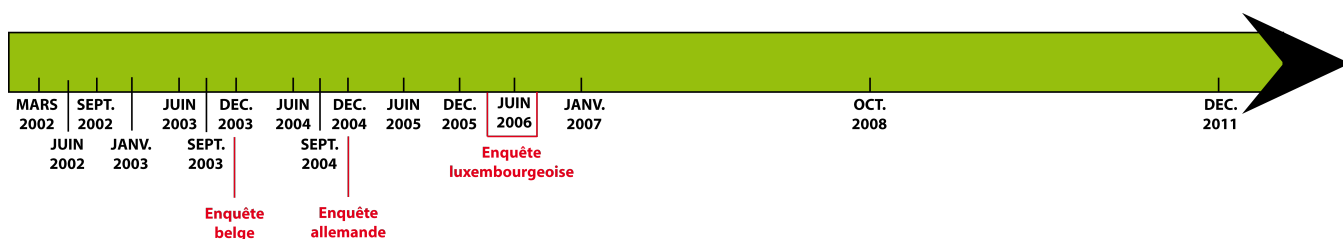


FIGURE 3.3 – Répartition temporelle de l'ensemble des enquêtes mobilisées dans ce travail portant sur la composition des porte-monnaie en France, en Belgique, en Allemagne et au Luxembourg.

Les chercheurs fondateurs de l'ESDO ont confié la réalisation des enquêtes des porte-monnaie à l'institut de sondage privé Lavalie (I.S.L.). Cet institut spécialisé dans les études quantitatives pour de nombreux secteurs d'activités (grande distribution, médias,

finances, transport et déplacements, santé, etc.) réalise des enquêtes Omnibus³ auprès d'un échantillon représentatif de la population française deux fois par mois.

Les données INSEE du Recensement de la population de 1990, mises à jour par l'Enquête Emploi 1999, ont servi pour le plan de sondage. La représentativité a priori a été construite à partir d'une matrice croisant les régions ZEAT (Zones d'Etudes et d'Aménagement du Territoire) avec différentes catégories de lieu de résidence. Les 9 régions ZEAT utilisées ne correspondent pas aux découpages de la nomenclature des unités territoriales statistiques (NUTS) européenne, puisque les collectivités d'outre-mer ne sont pas comprises et que le bassin parisien est partagé en une partie est et une partie ouest. Un échantillon représentatif de la population de chaque ZEAT a été tiré au sort parmi les personnes âgées de plus de 18 ans en fonction du type d'habitat. Les 5 catégories de lieu de résidence sélectionnées rendent compte des différentes tailles d'agglomérations de résidence : moins de 2000 habitants, de 2 à 19 999 habitants, de 20 000 à 99 999 habitants, plus de 100 000 habitants, et enfin l'agglomération parisienne. En outre, les interviews en zone urbaine ont été répartis entre la commune principale de l'agglomération et les communes de la périphérie, au prorata de leurs populations respectives. La catégorie socio-professionnelle (CSP) du chef de famille (en 6 postes), l'âge de l'interviewé (en 5 postes) et l'activité de la femme ont par la suite permis de déterminer la représentativité des enquêtes.

La représentativité a posteriori de l'échantillon a été assurée par une procédure de redressement par pondération. Cette méthode vise à corriger la sur-représentation ou la sous-représentation de certaines catégories de répondants au sein de l'échantillon final et aide ainsi à lutter contre les biais liés à la non-réponse⁴.

3.2.2 La question sur l'euro : une enquête dans l'enquête ?

La représentativité des enquêtés pourrait néanmoins n'être pas totalement satisfaisante dans le cas des porte-monnaie. En effet, seule une partie des enquêtes Omnibus était dédiée au contenu du porte-monnaie des interrogés, et la participation à cette partie de l'enquête était laissée à l'appréciation des répondants. L'utilisation de la base de données ESDO requiert donc d'étudier au préalable l'impact de la non réponse aux questions sur

3. Les enquêtes Omnibus sont des enquêtes administrées par plusieurs commanditaires, lesquels achètent un certain nombre de questions qui peuvent porter sur des thèmes très variés. Les questions portant sur les catégories sociales, économiques et démographiques font partie d'un pot commun et ne sont donc pas à la charge d'un commanditaire particulier. Ces arguments de coût et de faisabilité liés aux enquêtes Omnibus ont été les critères majeurs du choix des fondateurs de l'ESDO. Toutes les interviews, d'une durée de 45 minutes, ont été réalisées en face à face, à domicile, par les enquêteurs du réseau ISL, avec un recueil sur système CAPI (Computer Assisted Personal Interviews). Les questions ouvertes ainsi que les questions de professions ont été relues, contrôlées et post-codifiées par le service de relecture-codification d'ISL.

4. Nous n'avons cependant pas eu accès aux détails de la méthode de pondération utilisée par ISL.

l'euro sur la répartition des différentes catégories des répondants. Cette problématique est l'objet de la sous-partie suivante.

Sur l'ensemble des enquêtes, une large majorité de répondants a accepté de répondre à la question sur l'euro et de montrer le contenu de son porte-monnaie (tableau 3.1). Au total, 30 998 personnes ont été interrogées, 291 027 pièces ont été observées pour un total de 22 512 porte-monnaie. Ainsi, près de trois quarts des personnes interrogées ont ouvert leur porte-monnaie, bien que leur part varie entre 66 et 84 % selon les enquêtes. Ces résultats sont très proches des taux de participation habituels aux enquêtes, puisqu'à titre d'exemple l'Insee a observé un taux de réponse aux Enquêtes Ménages variant de 70 à 80 % entre 1992 et 2006 (Le Lan 2009).

On sait que, d'une manière générale, la non-réponse est d'autant plus élevée que le sujet et/ou la population ciblée sont sensibles (drogués, sans-domiciles fixes, etc.), car elle peut amener gêne et/ou incompréhension (Beck 2002) ou que l'intérêt pour le sujet est faible (Groves *et al.* 2004). Dans le cadre de l'enquête ESDO, il est aisé d'imaginer que certains individus aient été réticents à ouvrir leur porte-monnaie devant un inconnu (l'enquêteur), et aient alors décidé de ne pas participer à cette partie de l'enquête. Aux vues des taux de réponse, le porte-monnaie et l'euro ne semblent cependant pas être des sujets particulièrement sensibles, et la non-réponse apporter un biais particulier pour le reste de nos investigations.

En outre, la temporalité des enquêtes a peu influencé les taux de participation (tableau 3.1). Les enquêtes réalisées aux mois de décembre 2003, 2004 et 2005 obtiennent toutefois des taux de participation plus élevés que celles réalisées à d'autres périodes au cours de la même année. Il est également notable qu'au fur et à mesure des enquêtes ESDO, les enquêtés n'ayant pas ouvert leur porte-monnaie ont eu plus fréquemment tendance à déclarer ne pas vouloir participer à l'enquête, plutôt que de déclarer ne pas être en capacité de le faire. Cela pourrait être révélateur d'un engouement moins important pour la monnaie unique à la fin de la période d'enquête.

	Oui, accepte de montrer les pièces (en %)	Non, refuse de montrer les pièces (en %)	Non, déclare ne pas avoir de pièces d'euro	Non, autres cas	Non réponse
03/02	72	12	12	2	2
06/02	74	13	11	2	0
09/02	69	14	13	2	2
01/03	72	14	11	2	1
06/03	66	16	15	2	1
09/03	71	14	11	3	1
12/03	78	13	6	2	1
06/04	72	16	9	3	0
09/04	71	16	9	4	0
12/04	83	12	4	1	0
06/05	70	19	8	2	1
12/05	80	13	6	1	0
06/06	66	22	9	2	1
01/07	74	15	8	4	0
10/08	78	12	7	3	0
12/11	74	16	9	1	0
Ensemble	73	15	9	2	1

Tableau 3.1 – Répartition des différentes modalités de réponse à la question sur l'euro par enquête (échantillons redressés)

Il est cependant difficile d'interpréter les taux de non-réponse, puisque la restitution des enquêtes Omnibus ne permet pas de déterminer si l'ordre des questions a influencé la participation à l'enquête ESDO, autrement dit si la non réponse à la question sur l'euro dépend des questions précédemment posées, de la durée de l'enquête, etc. Nous sommes néanmoins en capacité de savoir si le fait d'avoir accepté de participer à cette partie de l'enquête Omnibus est lié aux particularités des répondants ou non (âge, sexe, activité professionnelle). De ce fait, il nous faut maintenant déterminer si les enquêtés n'ayant pas ouverts leurs porte-monnaie sont caractéristiques d'une ou plusieurs populations.

Si la non-réponse à la question sur l'euro a peu réduit la représentativité des enquêtés (voir le tableau A.1 présenté en annexes), on observe toutefois des différences significatives pour certaines classes de population. Des sur-représentations significatives s'observent chez les plus de 65 ans (+ 2 points par rapport à la part qu'ils occupaient dans la population française en 1999), les professions intermédiaires et employés (+5 points) et les inactifs (+ 5 points). A l'inverse, les taux de participation significativement les plus faibles à la question sur l'euro s'observent chez les jeunes (1,5 points), les cadres et professions intellectuelles supérieures (- 3 points) et les ouvriers (- 5 points).

3.2.3 Richesse de la base de données ESDO : 10 années d'observation ; 4 pays enquêtés

Comme nous l'avons déjà mentionné, le potentiel d'analyse des enquêtes ESDO est également accru par la possibilité de mettre en oeuvre des comparaisons internationales (tableau 3.2). A l'origine du projet, la volonté des chercheurs de l'ESDO était de mettre en place des enquêtes à intervalles de temps réguliers sur l'ensemble de l'Eurozone. Les difficultés de financement des enquêtes n'ont pas permis d'atteindre une telle couverture temporelle et spatiale. On dénombre toutefois, en plus des seize enquêtes conduites sur l'ensemble du territoire français métropolitain entre mars 2002 et décembre 2011, une enquête réalisée en Belgique (décembre 2003) et une enquête conduite en Allemagne (décembre 2004) .

Les enquêtes belges et allemandes ont été sous traitées par ISL auprès d'instituts de sondages locaux pour le compte de l'ESDO et ont bénéficié des mêmes critères de représentativité socio-démographique que les enquêtes françaises. Un échantillon représentatif de la population vivant dans le pays a donc été sélectionné par la méthode des quotas, en fonction du sexe et de l'âge de l'interviewé, de la profession du chef de ménage, et du nombre de personnes dans le ménage. La représentativité spatiale des échantillons a été assurée à l'échelle des Nielsens⁵. Ces grandes régions ont ensuite été croisées avec des

5. Il s'agit d'un découpage non officiel en « pôles d'attraction économique » (Vandercammen 2006,

	Individus enquêtés	Porte -monnaie ouverts	Porte -monnaie ouverts (en %)	Echelle de représentativité spatiale	Degré d'urbanisation
France 2002-2011	30998	22379	72	8 ZEAT	5 catégories urbaines
Belgique Décembre 2003	978	674	69	5 NIELSENS	4 catégories urbaines
Allemagne Décembre 2004	1949	1675	86	9 NIELSENS	10 catégories
Luxembourg Février-Août 2006	3830	3453	90	Aucune	Aucun

Tableau 3.2 – Comparaison du nombre d'individus enquêtés et du nombre de porte-monnaie ouverts dans les quatre pays d'enquête.

données renseignant sur la taille de l'agglomération de résidence afin de déterminer les quotas finaux.

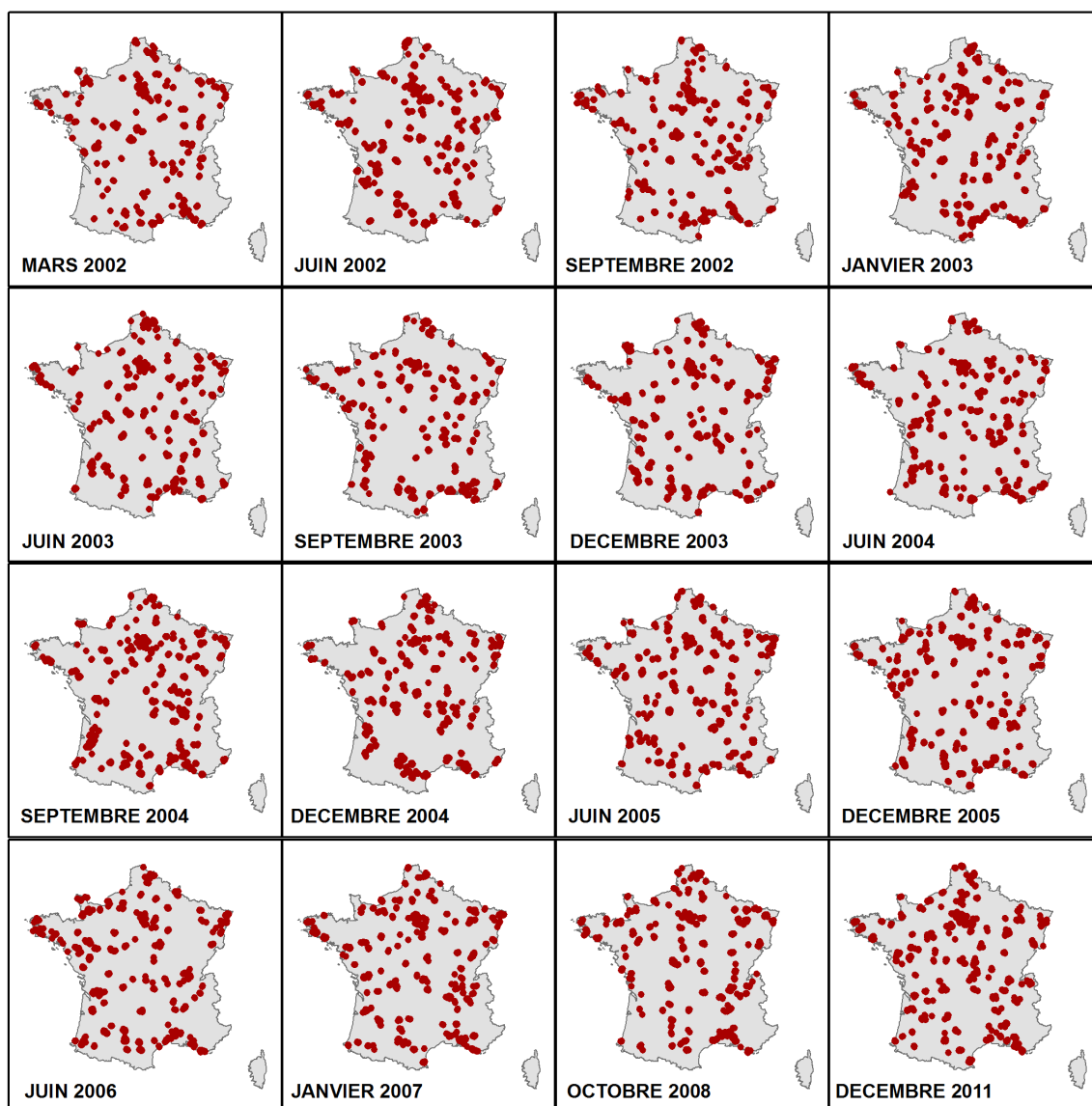
Pour l'enquête belge, les catégories urbaines ont été définies selon la taille de l'agglomération et le niveau d'équipement. Sur ce point, ISL n'a accepté de nous donner qu'une vague définition (annexe A.3) des critères utilisés pour la catégorisation des villes selon les quatre modalités suivantes : grandes villes, centres urbains, centres secondaires et centres ruraux. Les résultats obtenus à cette échelle spatiale doivent donc être considérés avec précaution.

Les données recueillies au Luxembourg proviennent quant à elles de l'enquête PSELL-3 (*Panel Socio-Economique Liewen zu Lëtzebuerg*) réalisée par le CEPS-Instead, entre les mois de février et d'août 2006. Il s'agit d'une enquête sociale réalisée annuellement auprès de 3 500 ménages résidant dans le Grand-Duché. Si, comme dans le cas des enquêtes belges et allemandes, le processus de questionnement ne diffère pas de celui des enquêtes françaises, la représentativité socio-économique et démographique de la population n'est assurée qu'à l'échelle du ménage, et non plus du porte-monnaie. De plus, aucune représentativité spatiale n'est assurée dans l'enquête PSELL-3 (tableau 3.2). Ceci ne constitue cependant pas un biais majeur à la comparaison internationale, puisque la superficie du Luxembourg et l'importance de sa population en font un territoire de taille comparable aux Nuts-3 européens.

Enfin, les communes enquêtées à l'intérieur des régions ZEAT françaises, et des régions Nielsen belges et allemandes, ont été sélectionnées par « grappes » compactes, autrement dit au sein d'unités géographiques proches et au nombre réduit. La fiabilité de la représentativité géographique des enquêtes réalisées dans ces trois pays est donc à manipuler avec

p.133), crée par la société de géomarketing du même nom, qui ne correspondent à aucune réalité administrative dans l'un ou l'autre des pays.

précaution (Organisation des Nations Unies 2010). Cela ne sera pas un biais important pour le reste de la thèse puisque nous travaillerons à l'échelle des individus et ne viserons donc pas une représentativité territoriale. D'autre part, la surimposition des différentes enquêtes permet de couvrir l'ensemble du territoire métropolitain de la France (figure 3.4).



Ensemble des enquêtes ESDO réalisées en France

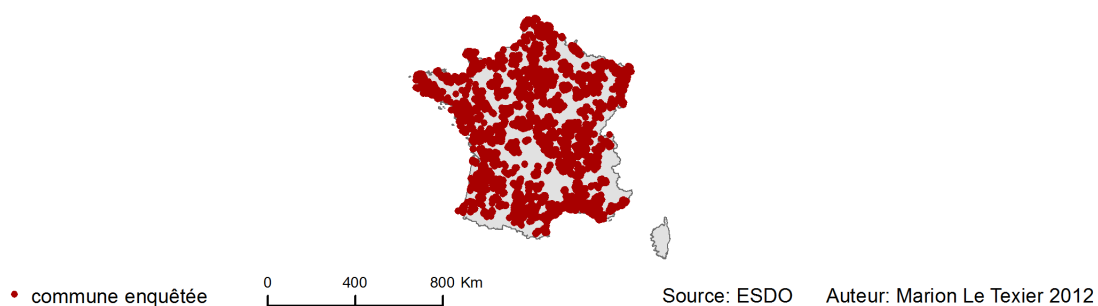


FIGURE 3.4 – Répartition des communes enquêtées par vague dans l'espace métropolitain français (Enquêtes ESDO, mars 2002 - décembre 2011).

3.3 Quand, où et comment observer la circulation des pièces de monnaie ?

La troisième sous-partie de ce chapitre a pour objet d'expliquer pourquoi l'analyse du rapport entre les circulations monétaires et l'internationalisation des territoires nous contraint à observer le degré, plus ou moins exceptionnel, de la présence de pièces étrangères en un point donné du territoire à travers un prisme d'observation intermédiaire : le porte-monnaie.

3.3.1 La répartition monétaire comme trace des mobilités individuelles

L'objectif des membres de l'ESDO était, à l'origine, de permettre le suivi de la circulation des pièces de monnaie en Europe. À partir des enquêtes réalisées, il n'est cependant pas possible de retracer le parcours d'une pièce comme il en est plus ou moins le cas avec les billets en euros. En effet, les pièces de monnaie ne possèdent pas de numéro de série et l'on ne peut que distinguer les pièces en fonction de leur valeur et de leur pays d'émission⁶.

Sur la base des données ESDO, nous ne connaissons pas les parcours individuels des différentes pièces observées, mais nous savons où et en possession de qui se trouvait une pièce lorsqu'elle a été enregistrée. Cette photographie de la circulation de la pièce s'apparente aux enquêtes mettant en relation les cycles de vie et les migrations des individus : nous connaissons le lieu de frappe (naissance) et le lieu d'observation (résidence) de la pièce. Ces deux informations permettent de dessiner le cheminement simplifié qui a conduit tel type de pièce à se trouver dans tel porte-monnaie.

Ne connaissant pas le lieu précis de la première utilisation d'une pièce au sein du pays émetteur, le lieu de naissance est donc élargi à un pays qui sert à définir l'origine d'une pièce. Nous ne considérerons donc ni l'ensemble des mobilités individuelles ni les échanges monétaires ayant amené la pièce à circuler d'un point A à un point B, mais simplement la distance minimale que la pièce a parcouru pour se trouver dans un lieu d'observation donné.

Cette approche de l'étude de la mobilité des pièces doit permettre la reconstruction des empreintes spatiales de la mobilité internationale en Europe. En effet, comme l'ont postulé les travaux de géographes présentés en chapitre 2 (Grasland *et al.* 2002; 2005b; 2012),

6. L'année de frappe est également marquée sur les pièces. Pour ne pas allonger la durée des enquêtes, les enquêtes ESDO n'en ont pas rendu compte.

nous faisons l'hypothèse suivante : plus la présence d'une origine de pièce dans un territoire donné est marquée, plus les interactions entre ce territoire et le pays d'émission de la pièce est important. La forte sur-représentation de tel ou tel type de pièces ne serait donc pas le fait du hasard, mais serait liée aux caractéristiques de l'espace (espace trans-frontalier, fonctions métropolitaines, destination touristique, etc.) et/ou de ses habitants (concentration d'individus hypermobiles, d'employés d'entreprises transnationales, etc.). De la même manière, la sous-représentation d'une origine particulière peut être interprétée comme la trace d'une faible interaction entre territoires.

Comme l'ont expliqué Berroir *et al.* (2005) pour la présence de pièces belges en France, celle-ci peut être le résultat de plusieurs types d'interactions. En effet, les raisons amenant les individus à traverser une frontière sont aussi variées que le travail et les loisirs peuvent l'être. D'autre part, rien n'indique si une pièce a traversé la frontière avec un individu résidant en Belgique qui s'est rendu en France, ou bien avec un résident français revenant d'un séjour en Belgique, par exemple. Il est toutefois possible d'observer si les flux de pièces sont assez importants pour laisser une trace, pour marquer une empreinte sur le territoire étudié. Identifier les signes tangibles d'interactions entre des individus qui résident dans des territoires différents nécessite de déterminer au préalable la bonne méthode d'appréhension de l'objet pièce tel qu'il est observé dans les enquêtes ESDO.

3.3.2 Le porte-monnaie, un prisme particulier d'observation des pièces ?

Les enquêtes ESDO se sont intéressées à un réservoir de pièces particulier : le porte-monnaie. Provenant de la sphère domestique, celui-ci est directement en lien avec les réservoirs commerciaux actifs (les tiroirs-caisses, les distributeurs de boisson, les horodateurs, etc.) lors des paiements réalisés par son porteur. Nous avons donc, dans un premier temps, cherché à préciser le degré d'endogamie entre le contenu des porte-monnaie et celui des réservoirs commerciaux actifs environnant les lieux de résidence et de travail des enquêtés.

Une enquête de terrain pour comparer porte-monnaie et tiroir-caisse

Les enquêtes ESDO n'offrant pas une définition spatiale assez fine pour appréhender ce questionnement très local, nous avons choisi de réaliser un relevé de terrain auprès des pharmacies luxembourgeoises, pays pour lequel nous disposons d'un très bon rapport porte-monnaie enquêtés/surface. Le choix de la pharmacie comme magasin de référence s'est fait assez naturellement : nous recherchions un commerce de proximité pour lequel

le biais social serait minimum. Les lieux et nombre de pharmacies sont en effet définis par l'état luxembourgeois en fonction de potentiels de population, les prix des médicaments sont fixés nationalement, et la qualité des produits est identique quelle que soit la pharmacie.

Après recension de l'ensemble des pharmacies luxembourgeoises, nous avons pris contact avec le Syndicat des Pharmaciens Luxembourgeois. Sur le conseil prodigué par le directeur du syndicat, nous avons contacté directement les pharmacies en faisant jouer, dès que possible, les relations de ceux qui avaient été satisfaits du déroulement de l'enquête. Au total, nous avons pu observer les tiroirs-caisses de 34 pharmacies sur les 93 en activité en mai et juin 2010, époque de l'enquête (figure 3.5).

Les possibilités méthodologiques pour la mise en place d'une analyse comparative entre les porte-monnaie et les tiroirs caisses ont ensuite été restreintes par le décalage temporel entre l'enquête PSELL-3 (réalisée entre mars et août 2006) et l'enquête de terrain (mai et juin 2010). Si une comparaison directe entre les résultats des deux enquêtes n'est pas possible, en revanche il est intéressant de confronter les tendances communes dans les sur- et sous-représentations de certaines origines de pièces. C'est ce qu'illustrent les cartes présentées en figure 3.6.

L'objectif n'est donc pas ici d'analyser la diffusion des pièces euro étrangères sur le territoire luxembourgeois, ni de faire le lien avec la géographie des mobilités transfrontalières dans le pays, mais de développer des hypothèses sur la spécificité des deux types de réservoirs quant à leur valeur heuristique concernant les mobilités internationales.

Les effets frontières semblent plus marqués dans le contenu des tiroirs-caisses que dans celui des porte-monnaie. On peut ainsi imaginer qu'au-delà des effets liés aux deux périodes d'observation, les différences s'expliquent par le fait que, bien qu'il s'agisse de deux types de réservoirs actifs, l'un est mobile et l'autre ne l'est pas. Le tiroir-caisse serait plus ancré dans son territoire de vie (localisation de la pharmacie), alors que le porte-monnaie s'approvisionnerait dans un territoire du quotidien plus large composé du lieu de résidence, mais aussi des lieux de travail, de loisirs, etc. Il semble donc ressortir de cette comparaison que le porte-monnaie est à la fois un marqueur pertinent d'une suite de mobilités réalisées par son porteur et un indicateur d'internationalisation du territoire de résidence de l'enquêté.

Ces résultats d'enquête de terrain sont cependant à interpréter avec précaution : l'enquête a en effet révélé que nombre de pharmaciens étaient des commerçants « en quête de monnaie », leurs clientèles payant majoritairement par cartes de débit ou de crédit et par billets. Tous vont régulièrement chercher des rouleaux auprès de leurs banques commerciales, lesquelles s'approvisionnent auprès de la Banque Centrale Luxembourgeoise et des

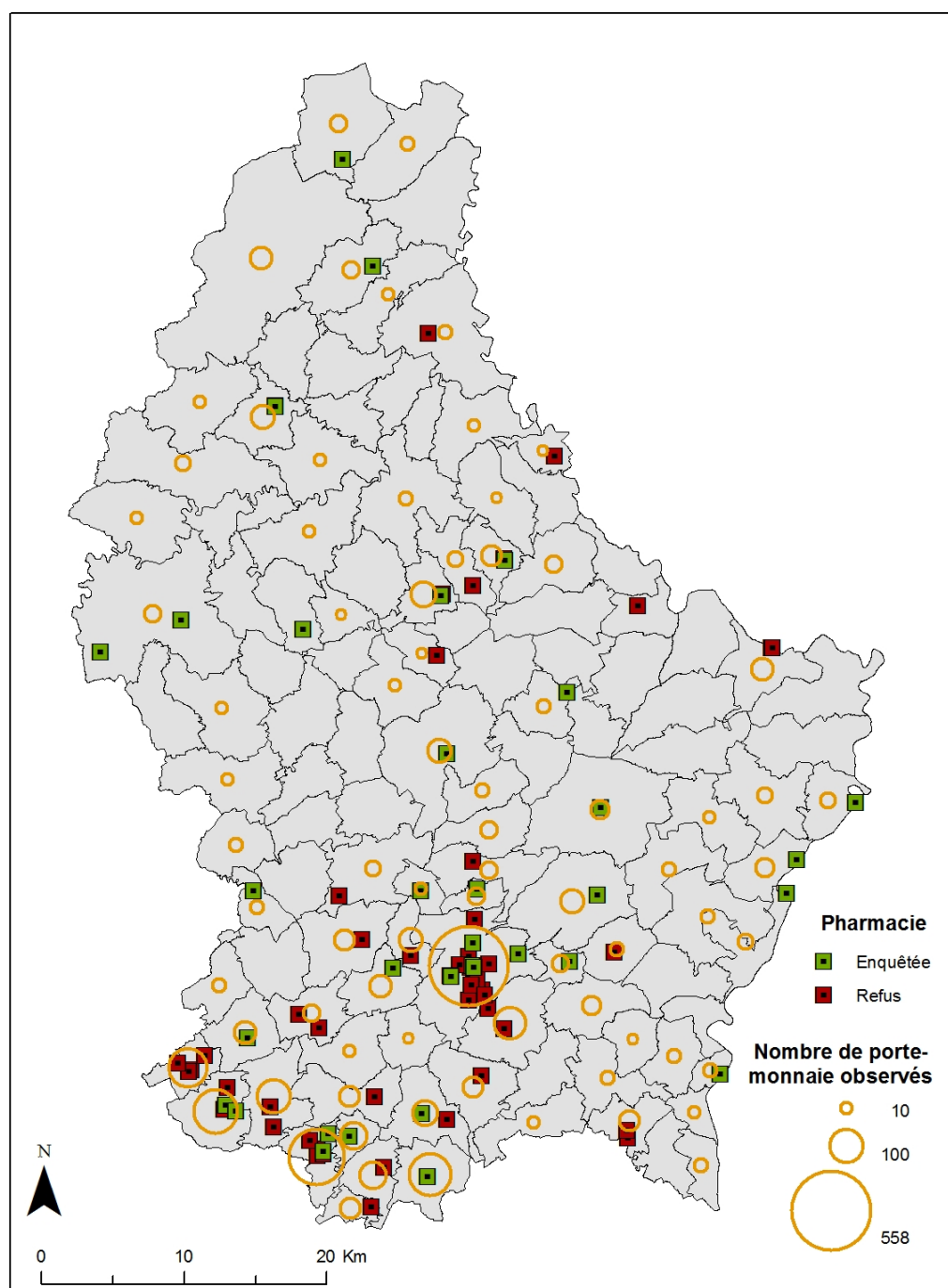


FIGURE 3.5 – Localisation par commune des individus et pharmacies enquêtés au Luxembourg

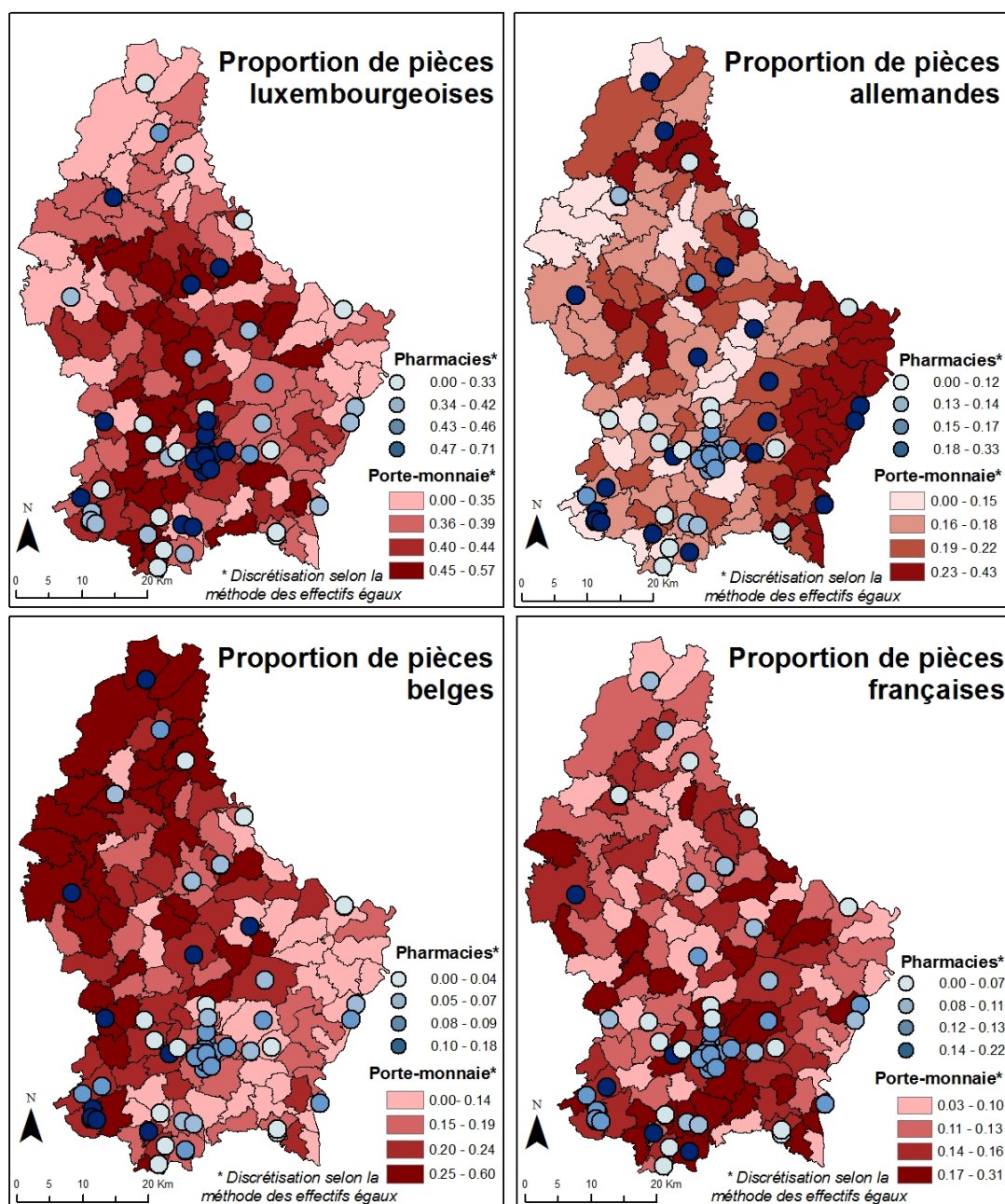


FIGURE 3.6 – Comparaison du degré de pénétration des pièces luxembourgeoises, allemandes, belges et françaises dans les porte-monnaie (mai-août 2006) et les tiroirs-caisses de pharmacies luxembourgeoises (mai-juin 2010)

commerçants excédentaires (les boulangeries notamment). Ceci constitue un biais d'autant plus important que, malgré les recommandations faites aux pharmaciens au moment de la prise de rendez-vous, ces derniers ont souvent présenté des tiroirs-caisses dans lesquels un ou plusieurs rouleaux venaient d'être déchargés. Cela était d'autant plus fréquent que la pharmacie ne possédait qu'un tiroir-caisse, ou que le gérant n'avait accepté de participer à l'enquête que pendant les horaires d'ouverture du magasin. Une partie des pièces observées provenait donc directement de la banque centrale située à Luxembourg-ville.

Enfin, l'exemple luxembourgeois a montré qu'il existait un effet social dans les achats réalisés en pharmacie, puisque les paiements en espèces étaient principalement le fait d'achats de produits para-pharmaceutiques, ces derniers étant plus ou moins coûteux et les pharmacies enquêtées en possédant un choix plus ou moins important. Il se peut donc que les individus adaptent leur fréquentation des commerces pharmaceutiques en fonction de ces critères. Il se peut également que les achats de certaines catégories de population soient sur-représentés dans le contenu des tiroirs-caisses.

L'étude du comportement moyen d'un ensemble de porte-monnaie est donc plus à même d'offrir une vision d'ensemble des contacts entre territoires que l'analyse des pièces contenues dans les tiroirs-caisses.

Porte-monnaie et monnaie portée : gérer les cas extrêmes

Pour remédier à de potentiels biais d'enquête lors du relevé du contenu des porte-monnaie, nous avons jugé qu'il était important de définir un comportement maximal normé à la taille des porte-monnaie. Les enquêtes ayant été réalisées au domicile des individus, il se pourrait, par exemple, que les pièces recensées soient issues, non pas du porte-monnaie du répondant, mais d'un autre réservoir domestique comme la tirelire. Ces pièces ne révéleraient donc pas les mobilités du porteur, puisqu'il s'agit d'un réservoir inactif. D'autre part, certains porte-monnaie sont communs à l'ensemble du ménage et servent à des petits achats spécifiques du quotidien, tels que le pain ou le journal. Un tel regroupement de pièces n'est donc pas le fruit des pratiques d'achats d'une unique personne et risque de surcroît de ne renseigner que sur ces uniques mobilités quotidiennes.

Le postulat suivant a été fait : pour faciliter les petits achats du quotidien, les porte-monnaie communs seraient composés d'un nombre plus important de pièces que les porte-monnaie individuels. Le principe permettrait aussi de retirer les tirelires de la base, celui-ci ne nous garantissant pas totalement de travailler à partir de monnaie portée. Il permet toutefois de prévenir certaines erreurs.

Comme le montre la distribution de la taille des porte-monnaie chez les répondants (figure 3.7), le nombre de pièces varie grandement d'un porte-monnaie à l'autre. La fréquence du

nombre de pièces dans les porte-monnaie apparaît très dissymétrique à gauche, puisqu'elle se rapproche d'une distribution log-normale. Par ailleurs, il est intéressant de remarquer la hiérarchie de la distribution : les plus petites valeurs étant les plus répandues. La valeur moyenne de la taille médiane par enquête est de 10 pièces.

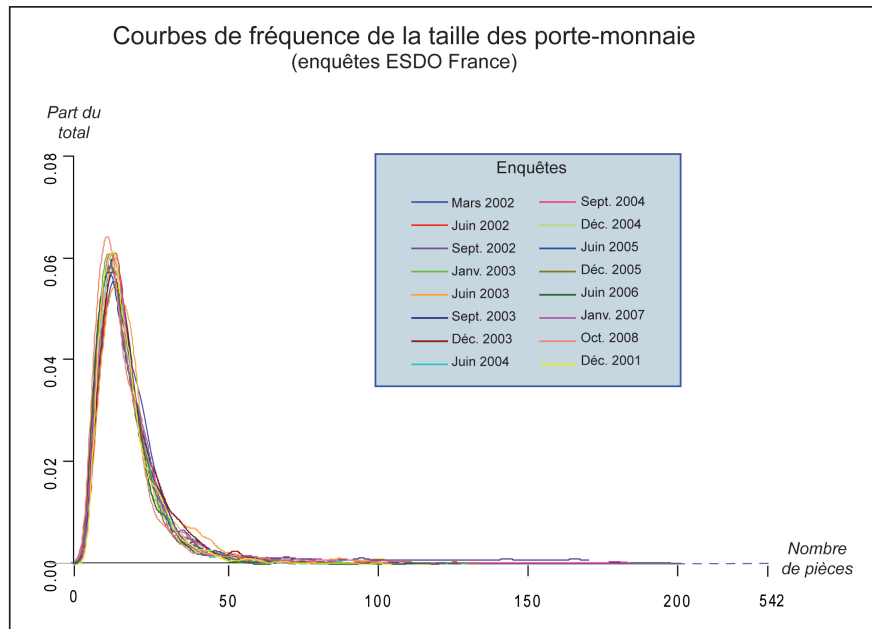


FIGURE 3.7 – Courbe de fréquence de la taille des porte-monnaie par vague (enquêtes ESDO : mars 2002 - décembre 2011)

Afin de ramener la distribution observée à une distribution qui exclurait de la base les porte-monnaie communs à un ensemble d'individus et les tirelires, nous avons retiré les valeurs marginales maximales. Les extrêmes étant différents selon les enquêtes, elles ont été retirées selon les ruptures les plus fortes constatées dans les différentes distributions statistiques. Ainsi, 1% des porte-monnaie supérieurs (en nombre de pièces) de chaque enquête ont été considérés comme trop particuliers pour relever des mêmes logiques que le reste des porte-monnaie.

La base de données ESDO a ainsi été réduite de 1,61 %. Il reste 22 379 porte-monnaie, dont la taille moyenne varie entre 11,92 (octobre 2008) et 14,10 (mars 2002) pièces (par porte-monnaie). Les enquêtes comptabilisent alors un total de 291 027 pièces, dont 18 % proviennent d'un pays autre que la France. Le nombre de pièces étrangères observées évolue grandement au fur et à mesure des enquêtes. Il passe de 500 en mars 2002 (soit 5,01 % du total) à 5 868 en décembre 2011, ce qui représente 34 % de l'ensemble des pièces observées pendant l'enquête. L'analyse de cette évolution sera détaillée dans les chapitres suivants.

Vague d'enquête	Nombre d'enquêtés	Nombre de porte-monnaie sélectionnés	Taille du porte-monnaie moyen	Nombre de pièces étudiées	Proportion de pièces étrangères
mars 2002	1 002	708	14,10	9 991	5,01
juin 2002	2 012	1 470	13,99	20 557	6,01
septembre 2002	2 057	1 415	14,00	19 800	9,24
janvier 2003	2 042	1 453	12,49	18 148	11,19
juin 2003	1 998	1 278	14,08	18 001	10,70
septembre 2003	1 978	1 394	12,68	17 686	13,94
décembre 2003	2 013	1 531	13,35	20 436	13,86
juin 2004	1 999	1 418	12,94	18 347	17,15
septembre 2004	1 988	1 410	12,95	18 254	19,58
décembre 2004	2 012	1 657	13,14	21 781	19,02
juin 2005	20 03	1 386	13,07	18 118	20,18
décembre 2005	1 989	1 574	12,62	19 869	23,66
juin 2006	1 989	1 308	12,20	15 967	26,37
janvier 2007	2 000	1 450	12,85	18 636	26,50
octobre 2008	2 010	1 530	11,92	18 239	29,71
décembre 2011	1 906	1 395	12,33	17 198	34,12
Ensemble	30 998	22 379	13,01	291 027	18,03

Tableau 3.3 – Chiffres clefs sur les enquêtes ESDO (mars 2002 - décembre 2011) après retrait des valeurs extrêmes supérieures.

3.4 Caractériser les relations entre pièce, porte-monnaie, et porteur de monnaie

Les pièces euro ont été observées dans un contexte particulier, celui du porte-monnaie. Or, le porte-monnaie n'est pas que le simple conteneur d'une ou plusieurs pièces. Bien que son contenu soit changeant, nous montrerons dans cette sous-partie qu'il renseigne également sur les caractéristiques socio-spatiales de son porteur.

Les études utilisant des indicateurs tels que la probabilité d'observer une pièce étrangère dans un porte-monnaie ou la proportion de pièces étrangères qu'il contient sans tenir compte du nombre et des valeurs de pièces détenues par le porteur (Berroir *et al.* 2005, Grasland et Guérin-Pace 2004) reposent sur le principe d'un porte-monnaie type. Ces dernières postulent ainsi l'existence d'un effet socio-spatial qui n'agirait que sur la présence de pièces étrangères dans les porte-monnaie, et non sur l'ensemble de son contenu (nombre et valeurs des pièces en présence).

Dans cette partie de chapitre, nous analyserons les implications de ce postulat dans l'évaluation des variations du nombre d'euros étrangers entre territoires ou groupes sociaux. Il s'agit plus particulièrement de déterminer si la pièce, le porte-monnaie et le porteur s'emboîtent simplement par le biais de deux actions simple : « contenir » et « appartenir ».

Une réponse négative pourrait laisser supposer qu'il existe des relations d'influence entre les différents niveaux.

Dans le premier cas, les caractéristiques de l'individu porteur pourraient être considérées comme les caractéristiques « héritées » de la pièce s'ajoutant à ses caractéristiques propres (valeur et pays d'émission). Dans le second cas, rattacher les caractéristiques de l'individu porteur aux pièces ne permettrait pas de prendre en compte d'éventuelles interactions entre pièces et porte-monnaie, d'une part, et porte-monnaie et porteurs de l'autre.

3.4.1 Pièce et porte-monnaie

La première difficulté d'analyse liée au contexte d'enquête réside dans l'absence d'informations sur la succession de paiements qui a amené à la composition du porte-monnaie observée au moment du relevé de l'enquête. Or, le porte-monnaie est un réservoir actif en continuel changement, qu'il soit plus ou moins utilisé et se modifie plus ou moins vite selon les stratégies de paiement des individus. De fait, nous ne savons pas si les pièces observées ont été collectées synchroniquement ou bien si leur co-présence dans le porte-monnaie est liée au hasard.

Le porte-monnaie est donc le journal d'un ensemble plus ou moins grand d'échanges monétaires et de mobilités sur lesquels pèsent un flou. La taille du porte-monnaie et la répartition des différentes valeurs de pièces dépendent néanmoins de la fréquence et des stratégies de paiement employées par son porteur (Nuno *et al.* 2005). Nous avons ici cherché à montrer par le biais d'une démarche dialectique comment la taille et les valeurs de pièces peuvent influencer la présence de pièces étrangères.

Les travaux de C. Grasland et F. Guérin-Pace ont sur cette question montré une corrélation positive entre probabilité de posséder une pièce étrangère dans son porte-monnaie et taille du porte-monnaie (Grasland et Guérin-Pace 2004, Grasland *et al.* 2005b). Les études numismatiques sur la diffusion des monnaies anciennes révèlent quant à elles des différences significatives de la portée géographique de la circulation monétaire selon la valeur des pièces. D'une manière générale, les petites pièces circulent moins loin que les grandes par propagation de proche en proche, alors que la circulation des pièces à forte valeur semble plus obéir à un processus hiérarchique à grande distance (Le Texier 2011b, Grasland *et al.* 2012).

L'évolution de la présence d'euros étrangers dans les enquêtes ESDO exposée figure 3.8 montre en ce sens des écarts importants dans la circulation des pièces selon la valeur. Ainsi, la vitesse et le niveau de progression des petites pièces (1 et 2 cents) étrangères sur le territoire français sont les plus faibles. A l'inverse, les pièces de 50 cents, 1 et 2 euros

émises à l'étranger sont celles pour lesquelles l'évolution de la présence en France est la plus importante et la plus rapide. La vitesse du mélange des pièces de 5, 10 et 20 cents étrangères est quant à elle relativement moyenne. La forme des courbes logistiques montre que l'évolution de la proportion cumulée de pièces étrangères est proche de la saturation. D'autre part, si l'on extrapole les courbes de tendance, il est possible de prévoir que seules les pièces de 50 cents et plus réussiront à atteindre un mélange parfait (correspondant à une situation telle que la part des pièces étrangères observées en France serait identique à leur part dans la production totale).

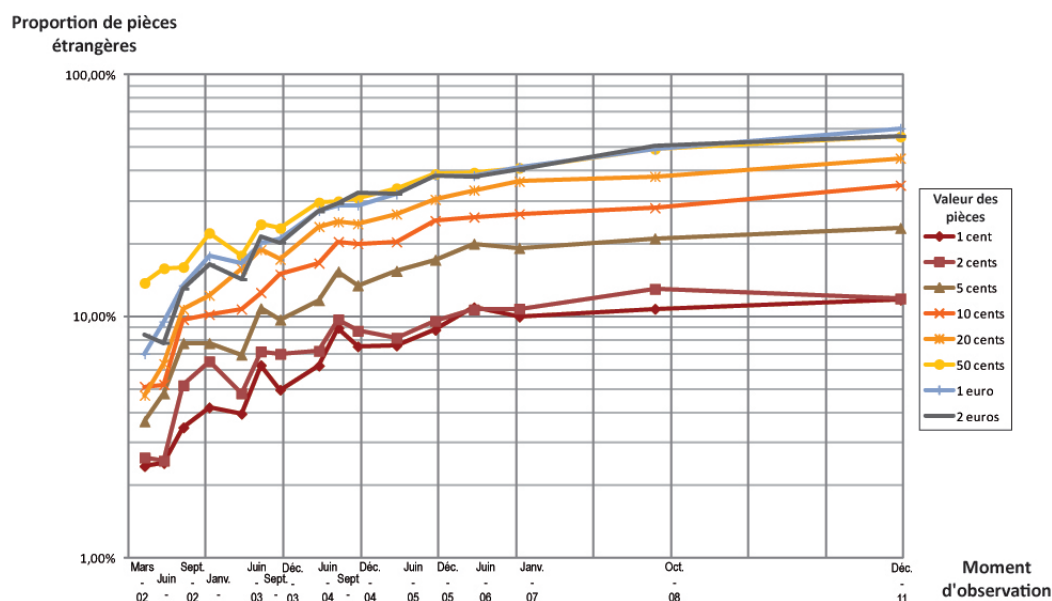


FIGURE 3.8 – Evolution de la proportion de pièces étrangères par valeur dans les porte-monnaie français de mars 2002 à décembre 2011.

Ce constat explique en partie pourquoi les modèles de prévision de la diffusion des pièces euro qui utilisent comme uniques valeurs de calibrage les répartitions observées de pièces de 1 euro ont tendance à anticiper la vitesse du brassage (Stoyan 2002, Stoyan *et al.* 2004, Seitz *et al.* 2009). Il en découle en outre qu'à taille de porte-monnaie égale, la probabilité qu'un individu porte sur lui une pièce étrangère ne sera pas la même selon la valeur des pièces qu'il contient.

A ce stade de la démonstration, il nous semble pertinent d'illustrer par un exemple simple l'importance d'une prise en compte du nombre et de la valeur des pièces détenues dans un porte-monnaie sur la mesure de son internationalisation. Considérons une zone euro simplifiée à 4 pays et 3 valeurs de pièces et la distribution des différentes pièces sur le territoire français (échantillon de référence) comme suit :

Imaginons ensuite le contenu de trois porte-monnaie français, lesquels possèdent le même nombre de pièces étrangères : $Oe(1) = Oe(2) = Oe(3) = 4$, mais pas le même nombre de

	France	Allemagne	Espagne	Italie	Total
Petites	300	50	30	20	400
Moyennes	200	80	40	30	350
Grandes	100	70	30	50	250
Total	600	200	100	100	1000

Tableau 3.4 – Exemple : état des pièces en France au 1er janvier 2005

pièces au total (tableaux 3.5, 3.6 et 3.7).

	France	Allemagne	Espagne	Italie
Petites	1			
Moyennes	2	2		
Grandes	3		1	1

Tableau 3.5 – Exemple : composition du porte-monnaie 1

	France	Allemagne	Espagne	Italie
Petites	3		1	1
Moyennes	2	2		
Grandes	1			

Tableau 3.6 – Exemple : composition du porte-monnaie 2

	France	Allemagne	Espagne	Italie
Petites	6		1	1
Moyennes	2	2		
Grandes	1			

Tableau 3.7 – Exemple : composition du porte-monnaie 3

!

La logique veut qu'un porte-monnaie contenant relativement aux autres un plus grand nombre de pièces ait une probabilité plus élevée de posséder un effectif important de pièces étrangères. D'autre part, l'exemple a été construit de manière à tenir compte du fait qu'il est plus probable d'avoir une pièce étrangère de grande valeur que de moyenne, et de moyenne que de petite. En effet, les proportions de pièces étrangères par valeur de pièces dans le pays sont les suivantes :

$$\text{Petites pièces : } pP_e = \frac{\sum P_e}{\sum P} = \frac{100}{400} = 0,25 \quad (3.1)$$

$$\text{Moyennes pièces : } pM_e = \frac{\sum M_e}{\sum M} = \frac{150}{350} = 0,43 \quad (3.2)$$

$$\text{Grandes pièces : } pG_e = \frac{\sum G_e}{\sum G} = \frac{150}{250} = 0,60 \quad (3.3)$$

Le nombre de pièces étrangères attendu pour chaque porte-monnaie peut être calculé compte-tenu de ces fréquences :

$$E_e = (\sum P * pP_e) + (\sum M * pM_e) + (\sum G * pG_e) \quad (3.4)$$

A partir de la composition des porte-monnaie, on obtient les estimations suivantes du nombre de pièces étrangères détenues dans chaque porte-monnaie :

$$E_e(1) = (1 * 0,25) + (4 * 0,43) + (5 * 0,60) = 4,97$$

$$E_e(2) = (5 * 0,25) + (4 * 0,43) + (1 * 0,60) = 3,57$$

$$E_e(3) = (8 * 0,25) + (4 * 0,43) + (1 * 0,60) = 4,32$$

Etant donné la répartition des pièces dans l'espace de référence et la composition des porte-monnaie en nombre et valeurs de pièces, il ressort que le deuxième porte-monnaie est sur-internationalisé (+0,43 pièces étrangères), alors que les porte-monnaie 1 (-0,97 pièces étrangères) et 3 (-0,32 pièces étrangères) sont sous-internationalisés. Or, si nous nous étions cantonnés à une analyse du nombre de pièces étrangères ne tenant compte ni de la taille du porte-monnaie, ni de sa composition, nous aurions conclu à un degré d'internationalisation identique des trois objets.

Lorsque l'objectif de l'analyse est l'explication des interactions dont l'individu est porteur, il apparaît donc indispensable de mesurer la plus ou moins grande rareté de la présence de pièces étrangères dans un porte-monnaie en fonction du nombre et de la valeur des pièces qui s'y trouvent.

3.4.2 Porte-monnaie et porteur de monnaie

La prise en compte du porte-monnaie dans l'analyse de l'internationalisation des répartitions monétaires est d'autant plus importante qu'il existe un lien entre, d'une part, la taille du porte-monnaie (nombre de pièces) et sa composition (valeur des pièces) et, d'autre part, les caractéristiques socio-démographiques et/ou le lieu de vie du porteur. Les analyses suivantes s'intéressent spécifiquement à ces deuxièmes types de relations.

En effet, on ne peut faire l'économie d'une analyse fine de ces effets de structure, ces derniers influençant la compréhension de la suite des résultats : si une catégorie de la population étudiée possède systématiquement un plus petit porte-monnaie que les autres,

ou bien une part importante de pièces de faibles valeurs, l'observation du nombre de pièces étrangères contenues dans son porte-monnaie diminuera automatiquement le degré d'internationalisation estimé.

Une évaluation de l'ampleur des variations de taille et de composition du porte-monnaie, liée aux caractéristiques individuelles ou collectives, a donc été réalisée. Le choix des variables est issu de la littérature :

- le sexe et l'âge des individus (en 5 modalités) ont été introduits dans les analyses de façon croisée afin d'identifier les effets de leurs interactions ;
- le ZEAT d'appartenance de la commune de résidence. Il est ici possible que la forme des porte-monnaie permette de révéler l'hétérogénéité régionale des structures anthropologiques en France énoncée par Todd et Le Bras (2012).

Nous avons également conclu que d'autres variables devaient être prises en compte :

- l'inactivité professionnelle distingue les retraités, les étudiants ou les hommes et femmes au foyer, des personnes exerçant une activité professionnelle. Nous faisons en effet l'hypothèse que les inactifs disposent de plus de temps pour leurs achats et potentiellement d'une culture différente de la population active. Ils seraient ainsi les plus enclins à faire l'appoint ;
- la taille de l'agglomération (fondée sur des critères de contiguïté du bâti) traduit une forme d'urbanité. Cette dernière influence et modifie certaines pratiques sociales. Il n'est pas à exclure qu'elle participe également à transformer les pratiques monétaires.

Une dernière variable a été prise en compte dans les analyses : la date d'enquête. En effet, nous avons vu que la taille moyenne des porte-monnaie n'était pas régulière entre les enquêtes. Nous avons donc souhaité savoir si ces variations entraîneraient par la suite des différences significatives lors de l'observation des sur- et sous-représentations du nombre de pièces étrangères dans les porte-monnaie.

Après sélection des variables, deux analyses de la variance à plusieurs facteurs (ANOVA de type III⁷) ont été menées, nous permettant d'observer les effets respectifs de chaque variable « toutes choses égales par ailleurs » (tableau 3.8).

Nous avons par la suite cherché à savoir comment se comportaient les modalités des différentes variables explicatives pour lesquelles l'analyse de la variance a montré qu'elles

7. Ce type d'analyse de la variance à plusieurs facteurs teste chaque effet particulier après avoir contrôlé l'ensemble des effets et interactions des autres facteurs explicatifs.

		Degrés de liberté	Fisher
Taille	Enquête	14	7,63***
(nombre de	Age_sexe	9	27,88***
pièces)	Inactivité	1	0,64
	Agglomération	8	5,42***
	ZEAT	1	43,53***
% de	Enquête	14	5,62***
1 et 2	Age_sexe	9	26,19***
cents	Inactivité	1	0,08
	Agglomération	8	3,97***
	ZEAT	1	1,40

Le risque d'erreur en utilisant les différentes variables catégorielles pour expliquer les variations de taille et de composition du porte-monnaie entre les modalités des variables explicatives est donné par : *** = 0 ; ** = 0,001 ; * = 0,01 ; . = 0,05

Tableau 3.8 – Facteurs de différenciation de la taille et de la composition des porte-monnaie (n = 21 716). Source : ESDO, enquêtes de juin 2002 à décembre 2011.

avaient un rôle significatif sur la taille et la présence de pièces de faibles valeurs dans les porte-monnaie. Plusieurs graphiques en boîtes à moustaches synthétisent ici la répartition des tailles de porte-monnaie et des valeurs par modalités (figures 3.9 et 3.10)⁸.

Les porte-monnaie contenaient un nombre de pièces plus important (figure 3.9-a) et une part plus importante de pièces de 1 et 2 cents (figure 3.10-a) dans les premières périodes de la mise en circulation des pièces euro. A titre figuratif, alors que 50 % des porte-monnaie observés en juin 2002 contenaient 12 pièces dont 29 % valaient 1 ou 2 cents, ils n'en contenaient plus que 10 (dont 23 % de 1 et 2 cents) en décembre 2011. Durant les premiers mois de la mise en circulation de l'euro, les français ont plutôt eu tendance à garder une plus grande variété de valeurs de pièces que par la suite. Cela correspondrait à une période d'adaptation à la monnaie unique, qui se serait étendue jusqu'au milieu de l'année 2003, soit un an et demi après la mise en circulation des euros.

Une différence significative de taille et de composition des porte-monnaie détenus par des individus de sexe masculin et féminin est également à signaler, les premiers ayant tendance à posséder un plus petit nombre de pièces que les seconds (figure 3.9-b) ainsi qu'une part moins importante de pièces de 1 et 2 cents (figure 3.10-b). On note également qu'au sein d'une même classe d'âge les porte-monnaie des hommes se ressemblent plus entre eux que ceux des femmes. L'effet de genre varie en effet selon l'appartenance à une classe d'âge particulière. Par exemple, 50 % des hommes âgés de 18 à 24 ans interrogés au cours des

8. Ce type de représentation facilite l'interprétation de la variabilité entre les modalités d'une même variable et à l'intérieur des modalités : chaque trait épais renseigne sur la valeur médiane du phénomène, les boîtes sur l'amplitude entre premier et troisième quartiles, et les « moustaches » (traits horizontaux) sur la valeur distante d'au maximum 1,5 fois la distance interquartile.

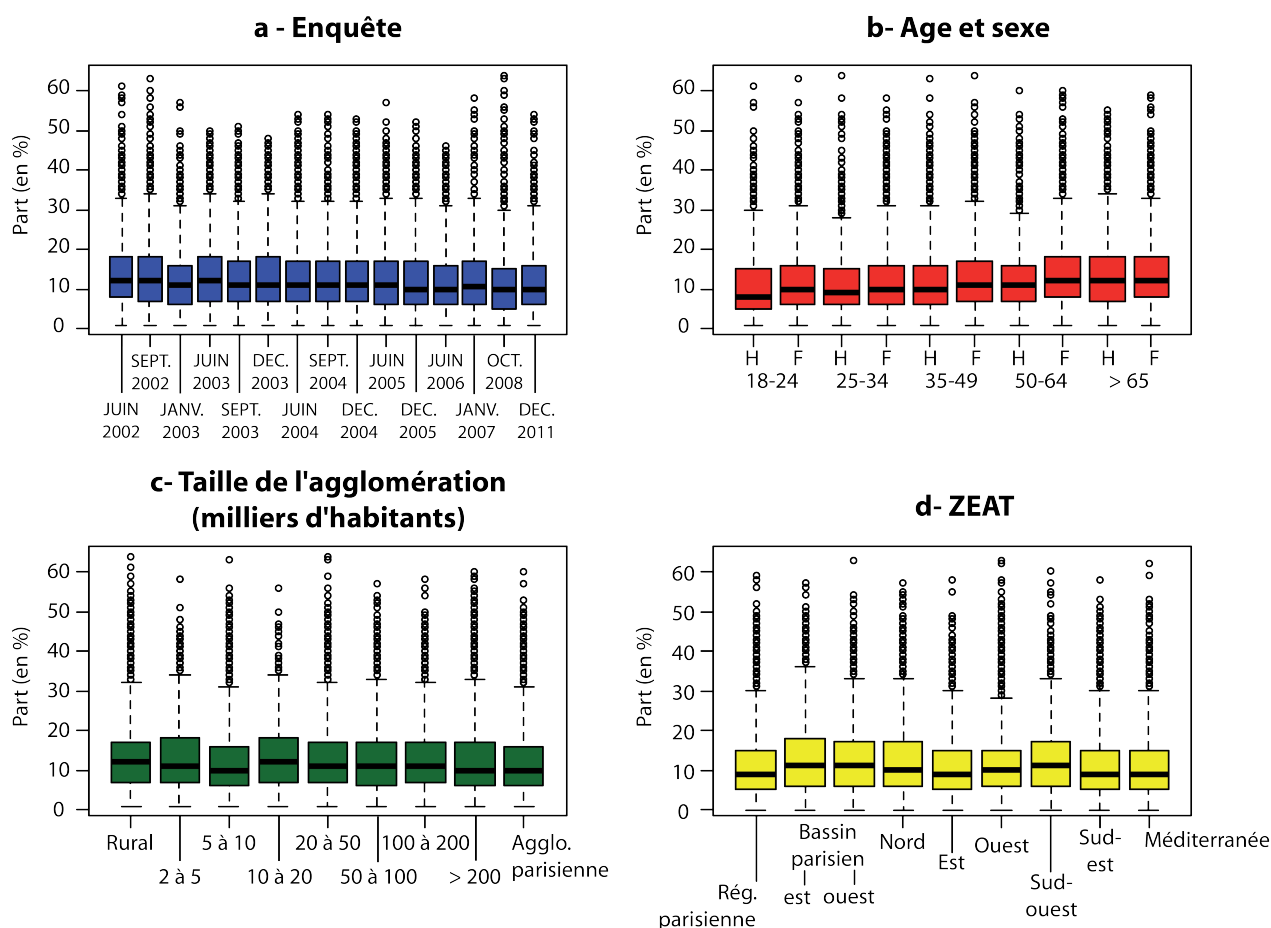


FIGURE 3.9 – Représentation en boîtes à moustaches de la distribution du nombre de pièces dans les porte-monnaie selon la date d'enquête, l'âge et le sexe du porteur, la taille de son agglomération de résidence et son appartenance régionale.

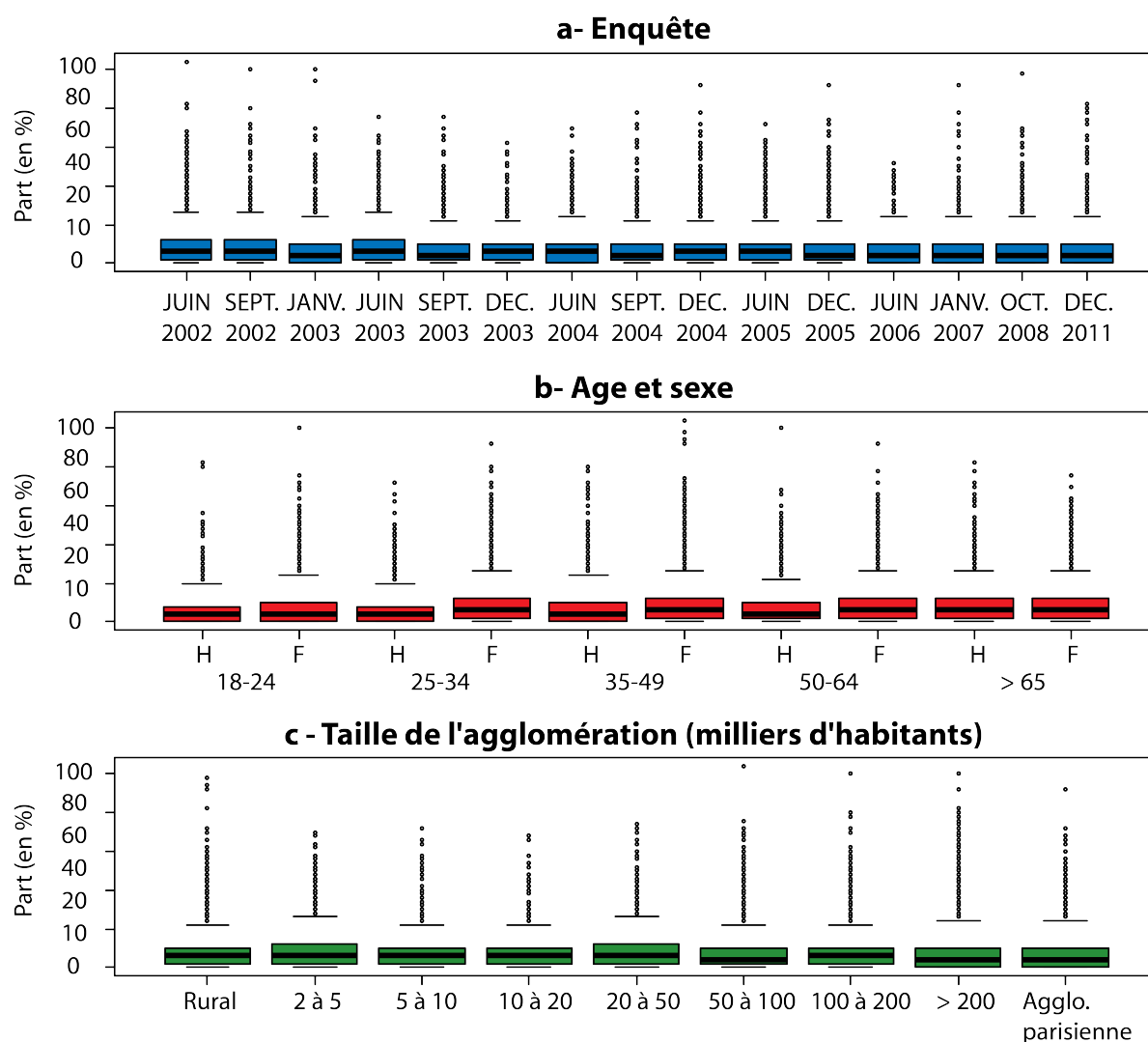


FIGURE 3.10 – Représentation en boîtes à moustaches de la distribution du pourcentage de pièces de 1 et 2 cents dans les porte-monnaie selon la date d'enquête, l'âge et le sexe du porteur, la taille de son agglomération de résidence et son appartenance régionale.

enquêtes ESDO ont un porte-monnaie de 8 pièces (dont 16 % de 1 et 2 cents), alors que la taille médiane des porte-monnaie chez les hommes âgés de plus de 65 ans atteint 12 pièces (dont de 25 % de 1 et 2 cents). Si la taille du porte-monnaie s'accroît généralement avec l'âge, les différences observées entre hommes et femmes se réduisent une fois atteint la période de retraite. En effet, la taille médiane du porte-monnaie de femmes âgées de 18 à 24 ans est de 10 pièces, soit deux pièces de plus que dans le porte-monnaie médian de femmes âgées de plus de 65 ans.

Les différences de taille (figure 3.9-c) et de composition (figure 3.10-c) des porte-monnaie induites par la taille de l'agglomération de résidence des enquêtés sont plus difficiles à interpréter : la relation entre les variables, bien qu'exerçant une influence significative, ne semble pas linéaire. On remarque néanmoins, à titre d'exemple, que les habitants de l'agglomération parisienne, et plus généralement ceux des grandes agglomérations (> 200 000 habitants), possèdent des porte-monnaie fréquemment plus petits que les autres (le nombre médian de pièces chez cette catégorie de répondants est de 10 pièces) et composés d'une part plus faible de 1 et 2 cents (leur proportion médiane est de 22 %). Chez les personnes résidant dans des communes rurales, ces valeurs s'élèvent à 12 pièces dont 25% de 1 et 2 cents.

Enfin, l'analyse géographique de la taille des porte-monnaie fait apparaître des spécificités régionales (figure 3.9-d). Les résidents de communes localisées dans le Bassin parisien (hors Ile-de-France) et dans le Sud-Ouest de la France possèdent de plus gros porte-monnaie que les autres. A l'inverse en région parisienne, dans l'Est, le Sud-Est et le pourtour méditerranéen, le nombre médian de pièces contenues dans les porte-monnaie est le plus faible. Les caractéristiques socio-démographiques et géographiques du porteur semblent donc bien conduire à des pratiques de paiement différenciées.

3.4.3 Variations européennes

Les variations géographiques des caractéristiques du porte-monnaie dépassent les frontières françaises. La carte ci-après (figure 3.11) montre, en effet, que le nombre moyen de pièces contenues dans un porte-monnaie diffère selon les régions d'un même pays, mais plus encore selon le pays d'enquête. Les porte-monnaie les plus gros ont été observés dans les Länder de l'ex Allemagne de l'Est. Un gradient est-ouest semble aussi se dessiner, avec des porte-monnaie contenant en moyenne 10 à 14 pièces dans les régions méridionales et occidentales, de 14 à 18 pièces dans les régions centrales de cette partie de l'Europe (à l'exception de la Franche-Comté, de la Lorraine et de l'Alsace où la taille des porte-monnaie est relativement faible) et des porte-monnaie moyens dont la taille avoisine les 20 pièces dans les régions orientales d'Allemagne.

La répartition des différentes valeurs de pièces au sein des porte-monnaie moyens varie moins sensiblement d'une région à l'autre : la différence maximale observée entre régions, au regard de la part de pièces de 50 cents, 1 et 2 euros n'est que de 5,44 points. A l'exception des régions Lorraine et France-Comté, d'une part, et des régions Centre et Provence-Alpes-Côte d'Azur, d'autre part, on remarque néanmoins une forte structuration spatiale de ces différentiels de présence moyenne de pièces de forte valeur dans les porte-monnaie. Les régions centrales ressortent comme les plus favorables à l'utilisation des pièces de 50 cents, 1 et 2 euros.

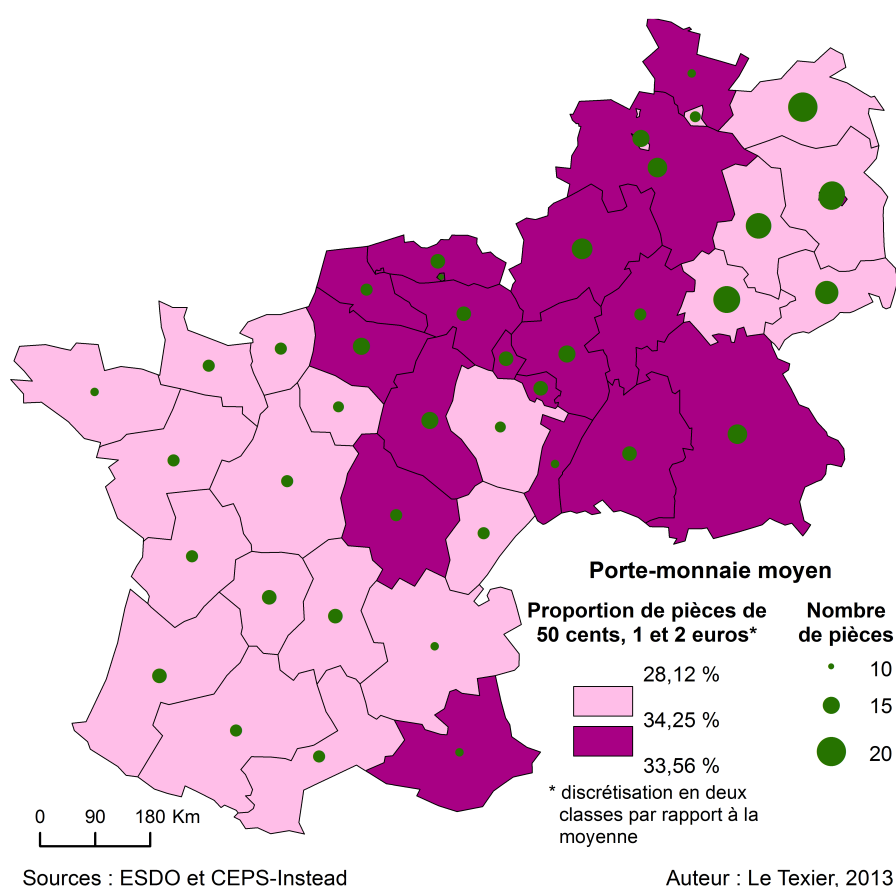


FIGURE 3.11 – Variations des caractéristiques des porte-monnaie selon les régions européennes : France (mars 2002 à décembre 2011), Belgique (décembre 2003), Allemagne (décembre 2005) et Luxembourg (mars-août 2006).

3.4.4 Stratégies de paiement des porteurs

Nuno *et al.* (2005) ont montré que la taille du porte-monnaie des individus variait au cours du temps et était corrélée aux stratégies de paiements du porteur (cf : Chapitre 2). Or, l'observation faite par les enquêtes correspond à un instantané du porte-monnaie de l'individu, et rien ne peut assurer que ce dernier est représentatif de l'état général de la

monnaie portée par l'enquête au cours d'une année, par exemple. Néanmoins, l'importance numérique des répondants ESDO a permis de repérer certains déterminants du contenu des porte-monnaie. Il s'agissait de vérifier si ces écarts permettent de recouper les différentiels de stratégie de paiement.

Pour ce faire, une question supplémentaire a été intégrée dans la dernière enquête ESDO réalisée en décembre 2011. L'objectif était de connaître les habitudes de paiement privilégiées par les répondants lors d'achats de petites valeurs. L'intitulé de la question était le suivant :

« Supposons que vous deviez payer à un commerçant 3 euros et 88 centimes avec votre porte-monnaie contenant toutes les valeurs de pièces. Selon vos habitudes, diriez-vous que :

- vous lui donnez exactement 3 euros et 88 centimes [52,2% des réponses]
- vous lui donnez 3 euros et 90 centimes [9,9% des réponses]
- vous lui donnez 4 euros [24,5% des réponses]
- vous lui donnez un billet de 5 ou 10 euros [13,4% des réponses] »

D'une manière générale, les répondants déclarent majoritairement avoir tendance à faire l'appoint. Un quart d'entre eux préfère payer en s'approchant de l'entier le plus proche (en donnant 4 euros). Moins fréquent semble être l'usage de billets pour le paiement d'une somme si peu élevée, bien que cette modalité de réponse représente environ un sixième des répondants. Enfin, la stratégie de paiement la moins utilisée est celle qui consiste à payer au dixième de centimes d'euro au dessus.

La réalisation d'un test d'indépendance du $\chi - 2$ et le calcul des résidus au modèle (différence entre les effectifs observés et les effectifs attendus sous l'hypothèse d'indépendance) a ensuite permis de déterminer si certaines modalités de réponse étaient fréquemment choisies par une sous-population particulière (tableau 3.9).

	Réponse 1 : 3,88 euros	Réponse 2 : 3,90 euros	Réponse 3 : 4 euros	Réponse 4 : 5 ou 10 euros
Sexe et âge	$\chi - 2 : 81,42^{***}$			
Homme 18-24 ans	34 (-19)	11 (+1)	34 (+9)	22 (+8)
Femme 18-24 ans	51 (-6)	13 (+2)	30 (+7)	16 (+9)
Homme 25-34 ans	40 (-22)	18 (+6)	37 (+3)	25 (+1)
Femme 25-34 ans	92 (-3)	22 (+4)	42 (-3)	26 (+1)
Homme 35-49 ans	106 (-12)	21 (-1)	61 (+6)	28 (+7)
Femme 35-49 ans	151 (+3)	37 (+9)	68 (-2)	28 (-10)
Homme 50-64 ans	123 (-4)	23 (-1)	66 (+6)	33 (+7)
Femme 50-64 ans	151 (+32)	22 (-1)	39 (-17)	17 (-14)
Homme > 65 ans	127 (+13)	9 (-13)	52 (-1)	30 (0)
Femme > 65 ans	119 (+18)	13 (-6)	39 (-9)	22 (-4)
Activité	$\chi - 2 : 13,54^*$			
Actif	530 (-31)	127 (+20)	271 (+7)	147 (+3)
Inactif	463 (+31)	62 (-20)	196 (-7)	108 (-3)
Taille d'agglomération	$\chi - 2 : 39,86^{***}$			
Rural	282 (+39)	35 (-11)	100 (-15)	50 (-12)
2000 à 20 000 habs	166 (-1)	33 (+1)	79 (0)	43 (0)
20 000 à 100 000 habs	127 (-5)	29 (+4)	67 (+5)	30 (-4)
> 100 000 habs	295 (+9)	58 (+3)	122 (13)	75 (+1)
Paris	122 (-42)	34 (+3)	100 (+23)	57 (+15)
ZEAT	$\chi - 2 : 43,61^{**}$			
Région parisienne	155 (-31)	36 (+1)	107 (+19)	59 (+11)
Bassin Parisien Est	91 (+13)	12 (-3)	26 (-10)	20 (0)
Bassin Parisien Ouest	96 (+3)	14 (-4)	45 (+1)	24 (0)
Nord	58 (-5)	13 (+2)	32 (+3)	17 (+1)
Est	92 (+6)	13 (-3)	37 (-4)	24 (+1)
Ouest	130 (-5)	35 (+9)	56 (-7)	37 (+3)
Sud Ouest	116 (+5)	17 (-4)	63 (+11)	16 (-13)
Sud Est	136 (+16)	26 (+4)	39 (-17)	28 (-3)
Méditerranée	120 (-2)	22 (-1)	62 (+4)	30 (-1)

Note de lecture : Répartition des réponses par modalités : effectifs (résidus absolus). La probabilité de faire une erreur en considérant l'effet de la variable comme significative est mesurée par la statistique de test du $\chi - 2$ et est donnée par : *** = 0 ; ** = 0,001 ; * = 0,01 ; . = 0,05.

Tableau 3.9 – Différences de stratégies de paiement déclarées selon les catégories socio-territoriales des enquêtés (enquête ESDO de décembre 2011 - 1906 enquêtés)

Les individus les plus jeunes ont largement moins tendance à faire l'appoint (payer 3,88 euros) que les autres alors que les jeunes femmes essaient plus souvent de se rapprocher de la somme au dixième de centime d'euros supérieur (ici 3,90 euros). Des différences de stratégies entre hommes et femmes issus de catégories d'âge similaires s'observent également jusqu'à 65 ans. A titre d'exemple, les 35-64 ans hommes ont plus tendance à faire l'appoint que les femmes du même âge. La période d'activité semble donc être particulièrement discriminante pour les habitudes de paiement entre individus de sexe différent. Après 65 ans, hommes et femmes choisissent très majoritairement de faire l'appoint.

Le statut d'inactif influe également le choix de stratégie de paiement : on observe une sur-représentation significative de la première modalité de réponse (soit 3,88 euros) chez les inactifs au dépend notamment de la seconde stratégie de paiement (payer au dixième d'euro près). A l'inverse, les actifs sont sous-représentés parmi ceux qui choisissent la première modalité de réponse et ils auront plus tendance à arrondir au dixième d'euro supérieur que les inactifs.

En outre, les habitants des zones rurales ont beaucoup plus tendance à payer en faisant l'appoint que les autres, et notamment que les habitants de l'agglomération parisienne. Par contre, ces derniers déclarent, plus fréquemment que les autres, payer en donnant 4 euros, d'une part, ou 5 ou 10 euros de l'autre. Les habitants d'agglomérations de 2 000 à 100 000 habitants ont des profils de paiement relativement proches, alors que les résidents d'agglomérations de plus de 100 000 habitants se distinguent légèrement du profil moyen, par une plus grande propension à payer avec l'entier supérieur (4 euros).

Enfin, les stratégies de paiement varient selon l'appartenance territoriale des individus. Si aucune prédominance significative n'apparaît pour les enquêtés résidants dans les ZEAT du Bassin Parisien Ouest, du Nord, de l'Est et Méditerranée, des différences importantes s'observent pour les autres régions françaises. A titre d'exemple, une sur-représentation des stratégies de paiement rapide (réponses 3 et 4) existe chez les enquêtés résidant en Ile-de-France, alors que les personnes faisant l'appoint sont sur-représentées dans le Bassin Parisien Est.

La probabilité pour une pièce d'être étrangère variant selon les valeurs de pièce, nous pouvons donc faire l'hypothèse que les personnes choisissant de payer au plus vite, c'est-à-dire sans faire l'appoint (notamment par l'usage de billets), ont une probabilité plus grande :

- d'avoir un porte-monnaie contenant un grand nombre de pièces (Nuno *et al.* 2005) ;
- de posséder un plus grand nombre de pièces étrangères qu'une personne qui viderait le plus souvent possible son porte-monnaie et récupérerait plus rarement des pièces de monnaie lors de ses différents paiements.

D'un autre côté, les personnes préférant faire l'appoint risquent de posséder un plus petit nombre de pièces de faible valeur (1 et 2 cents) que les autres.

L'influence des caractéristiques socio-démographiques et géographiques du porteur de monnaie sur les stratégies de paiement qu'il déclare adopter souligne une nouvelle fois l'importance de la prise en compte de la taille et de la composition du porte-monnaie dans l'analyse de la variation des degrés d'internationalisation des territoires ou groupes sociaux révélés par la répartition monétaire. En effet, nous avons montré au début de cette sous-partie (section 3.4.1) que le nombre de pièces contenues dans le porte-monnaie et la valeur de ces pièces affectaient mécaniquement la probabilité de posséder un nombre important de pièces étrangères.

En somme, l'analyse des facteurs d'internationalisation des porte-monnaie ne peut se faire sans tenir compte de ses caractéristiques propres que sont sa taille et sa composition. Dans le cas contraire, nous risquerions des biais d'observation, liés aux diverses interactions entre porte-monnaie et porteur. Les caractéristiques individuelles et collectives (moment et lieu d'enquête) du porteur déforment en effet le prisme d'analyse que constitue le porte-monnaie. Le nombre et la valeur des pièces correspondent, non seulement à des facteurs triviaux de l'internationalisation des porte-monnaie, mais agissent aussi en véritables facteurs de confusion⁹ dans l'étude de l'intégration des territoires et des groupes sociaux à l'espace européen dont il est nécessaire de réduire les effets.

Conclusion du chapitre

Les difficultés méthodologiques rencontrées lorsque l'on cherche à « suivre les individus à la trace » (Terrier 2006), autrement dit à récolter les descriptifs de leurs déplacements de façon longitudinale, voire en temps réel, sont nombreuses et ont amené les chercheurs à s'intéresser à la définition de marqueurs indirects des mobilités. Pour de multiples raisons (c.f. 2), la circulation monétaire est apparue comme une des solutions possibles pour pallier à ces difficultés.

Deux types de sources ont été mobilisées par les chercheurs partageant cette approche : les données issues de sites participatifs ou d'enquêtes *ad hoc*. Les premières ont permis de mettre en place des recueils continus sur le temps long. Cependant, ces données n'offrent aucun gage de représentativité des participants par rapport à l'ensemble de la population nationale. A l'inverse, les données issues de l'enquête ESDO ont l'avantage d'être représentatives de la population française et de ses caractéristiques socio-démographiques et

9. Par exemple, le fait d'être retraité augmente la probabilité de posséder un gros porte-monnaie et impacte le nombre de pièces étrangères contenues dans le porte-monnaie. Le nombre de pièces dans le porte-monnaie augmente à son tour la probabilité de détenir un grand nombre de pièces étrangères.

économiques à l'échelle des ZEAT. Le coût élevé de leur mise en place n'a pas permis d'obtenir une couverture spatiale fine, mais elles offrent tout de même la possibilité de suivre les évolutions temporelles et saisonnières de la diffusion de l'euro en France depuis 2002, et de comparer la répartition de ces dernières dans plusieurs pays d'Europe.

Nous nous sommes ensuite interrogés sur le contexte d'observation des pièces telles qu'elles apparaissent dans les enquêtes ESDO, en travaillant plus particulièrement à la caractérisation du lien entre pièce et porte-monnaie d'une part, et porte-monnaie et individu porteur de l'autre. L'enjeu était de définir précisément quel serait l'objet d'étude qui permettrait d'appréhender au mieux les variations de degrés d'internationalisation entre territoires et/ou groupes sociaux. Sur ce point, les analyses menées en fin de chapitre ont montré que le nombre de pièces étrangères contenu dans un porte-monnaie dépend de trois facteurs structurels principaux : la période d'observation, la taille et la composition du porte-monnaie. En outre, les caractéristiques du porte-monnaie dépendent des stratégies de paiement individuelles, elles-mêmes fonctions des caractéristiques socio-démographiques et géographiques de l'individu porteur.

En définitive, le porte-monnaie est un intermédiaire incontournable de l'étude des circulations internationales en Europe à partir des répartitions monétaires appréhendées à travers les enquêtes ESDO. Pour reprendre les termes de C. Grasland *et al.* (2005b), il semble donc préférable d'adopter dans les analyses qui suivent une « approche individuelle » fondée sur des indicateurs construits à l'échelle des porte-monnaie, plutôt qu'une « approche fiduciaire », qui utiliserait directement l'échelle des pièces.

Conclusion de la première partie

L'objectif de cette partie était de présenter le cadre théorique et empirique de l'analyse puis de la modélisation des circulations internationales établies en Europe depuis la mise en circulation de l'euro au 1er janvier 2002 que nous nous proposons de faire dans les parties suivantes.

L'argumentaire développé peut être résumé de la sorte : dans un premier temps, nous avons montré que l'étude de la répartition monétaire constituait une base intéressante pour l'analyse des circulations internationales en Europe. Nous avons montré que ces dernières témoignaient de différentes formes d'intégration des territoires à l'ensemble de l'espace européen, selon leur intensité, leur diversité et leur portée (chapitre 1).

Nous avons ensuite dressé une revue des différentes approches scientifiques de l'analyse de la circulation internationale des pièces (chapitre 2). Ces études serviront de base conceptuelle et méthodologique aux analyses menées dans la suite de la thèse. La seconde partie, consacrée à la modélisation des formes de répartitions des euro étrangers en France et au Luxembourg, fera principalement références aux travaux des géographes. La troisième partie de la thèse, qui étudiera la dynamique de la circulation des pièces au sein d'un espace théorique, permettra quant à elle d'associer à l'approche simulatrice des mathématiciens et physiciens une réflexion sur la nature et la forme des territoires.

Enfin, nous avons expliqué pourquoi les données d'enquête dont nous disposons ne nous permettent pas d'observer directement ces traces de mobilité. En effet, le porte-monnaie est un objet multidimensionnel dont le contenu variable (en termes de nombre et de valeurs des pièces) dépend en partie des caractéristiques socio-démographiques des individus et des attributs de leur territoire de résidence défini à diverses échelles. L'analyse de l'internationalisation des porte-monnaie que nous mènerons dans la partie suivante ne peut

donc se faire, comme nous l'avons illustré, sans tenir compte des caractéristiques propres au porte-monnaie.

Deuxième partie

Modélisation empirique de la diffusion
des pièces euro étrangères en France
(juin 2002 - décembre 2011) et au
Luxembourg (mars - août 2006)

Introduction de la deuxième partie

Prologue

Nous en étions au 3650ème jour de l'émission « Montre-moi ton porte-monnaie, je te dirai d'où tu viens ». L'Europe entière était devant son poste de télévision. Après dix ans, nous allions enfin savoir lequel des deux finalistes des dix-sept pays de l'Eurozone allait remporter le prix du « Grand devin de l'euro ». La tension était à son comble. Serait-il possible de départager les deux candidats ? Comment avaient-ils réussi à appareiller le contenu du porte-monnaie des invités et leur lieu de résidence depuis le lancement de l'émission sans faire d'erreurs, quand les porte-monnaie ne contenaient parfois qu'une ou deux pièces et que la multitude des mobilités individuelles avait amené à un brassage des pièces de plus en plus marqué ?

R.R., étudiant en Physique à Tallinn, avait adopté une technique qui l'avait fait briller dans les premières manches du jeu. Noircissant les tableaux mis à sa disposition par les équipes techniques, il calculait des probabilités moyennes à partir de modèles markoviens de mélange des pièces. Il avait fait montre d'une connaissance parfaite des flux de population entre pays, ainsi que des distances par voies routières, ferrées et aériennes entre grandes villes européennes. Virtuose des mathématiques, il était également imbattable pour déterminer les stratégies de paiement des individus. Le public s'était émerveillé lorsqu'il avait battu en demi-finale son compatriote V.V. grâce à une estimation pour la moins inattendue : Madame S., une octogénaire qui réglait la plupart de ses achats par carte bleue et dont le porte-monnaie ne contenait qu'une seule pièce, émise en Italie, vivait en Autriche. Près d'Innsbruck !

En face de lui, M.M., jeune retraitée madrilène fanatique de géographie sociale, usait elle-aussi de modèles probabilistes. Ceux-ci se distinguaient toutefois de ceux du physicien en

ce qu'ils privilégiaient les facteurs individuels et biographiques. Elle utilisait la majorité du temps lui étant imparti à poser des questions sur les déplacements quotidiens des invités, leurs pratiques d'achat, leurs caractéristiques sociodémographiques, puis à dessiner des schémas théoriques de leurs espaces vécus. Elle demandait ensuite à chaque invité de décrire ces différents espaces par des critères de taille et de fonctionnalité, qu'elle complétait par des hypothèses sur leurs interconnexions et leurs relations avec un environnement plus ou moins proche : voisinage communal, région, pays, ou encore Europe. Elle paramétrait alors un modèle complexe par les différentes échelles qu'il imbriquait et les interactions entre les effets des variables qu'il comprenait, et concluait sur la proportion de pièces étrangères contenues dans les porte-monnaie. Elle avait particulièrement brillé lors des deuxièmes manches, dédiées à la localisation des porte-monnaie en milieux urbains, même lorsque ceux-ci étaient situés au coeur d'un territoire transfrontalier.

La valeur symbolique de la monnaie commune n'avait jamais été aussi forte que ce jour-là dans l'opinion publique. Oubliés les différends politiques, la montée des extrêmes, les critiques des peuples d'Europe sur la technocratisation croissante de l'Union. Pour une heure, pour un soir, ou plus longtemps encore, les résidents de cette partie du monde étaient liés par un sentiment d'appartenance commune. Cette monnaie, ils lui avaient donné vie. Ils l'avaient faite circuler de part et d'autre du continent. Peut-être même avaient-ils eu en leur possession l'une des pièces présentées ce soir là...

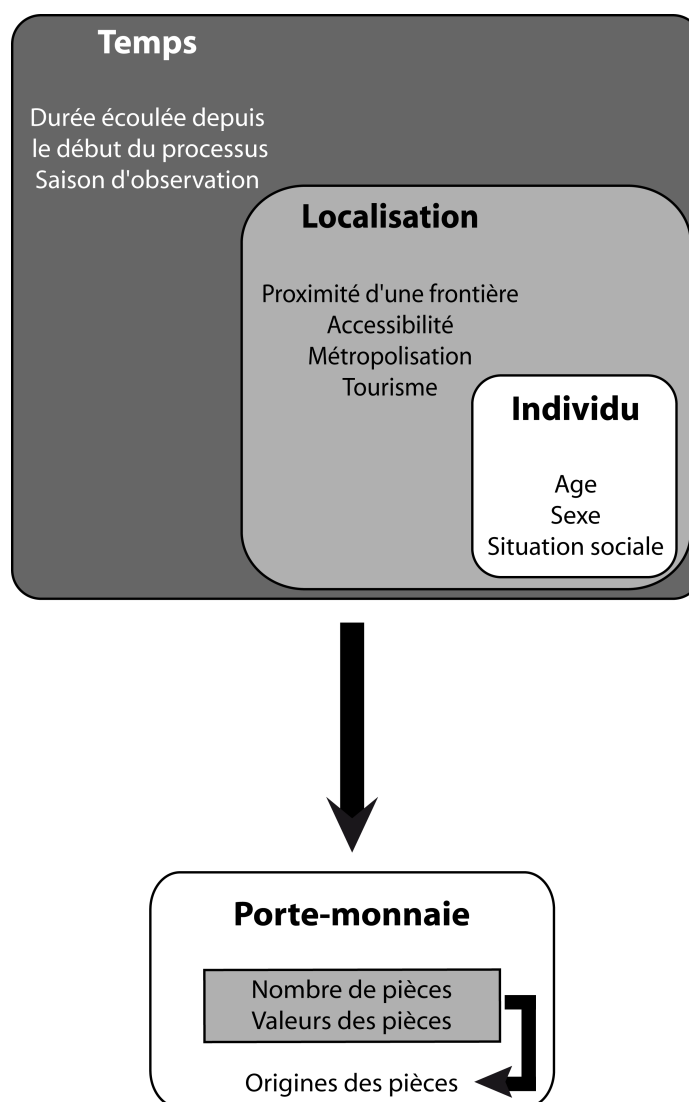
Aussitôt l'émission terminée, M.L.T., jeune étudiante en Master de géographie à l'Université du Luxembourg se spécialisant dans l'étude de l'espace européen, proposa à ses camarades de promotion venus regarder l'émission de reproduire l'expérience. Pendant qu'elle fermerait les yeux, chacun d'entre eux déposerait le contenu de son porte-monnaie sur la table. A elle ensuite de retrouver le propriétaire de chaque tas de pièces. Malgré une bonne connaissance des mobilités et des commerces que ses amis avaient l'habitude de fréquenter, elle échoua dans la plupart des cas.

Ce que M.L.T. n'avait pas compris, c'est que la grande proximité socio-territoriale de ses amis rendait le contenu de leurs porte-monnaie trop proche pour qu'elle y observe les différences significatives qui lui auraient permis de faire le lien entre le porteur et sa monnaie.

Dans cette partie de la thèse, nous chercherons ainsi à identifier et à analyser, par le biais d'une modélisation empirique, les caractéristiques individuelles et territoriales qui influent sur l'internationalisation des porte-monnaie. Il nous sera ensuite possible de déterminer les porte-d'entrées, les couloirs et les acteurs de la mobilité internationale sur le territoire.

La stratégie employée sera celle d'une approche hypothético-déductive allant des causes les plus évidentes de l'internationalisation des porte-monnaie à celles qui le sont le moins.

Etant reconnu que « la réalité géographique est rarement univariée » (Sanders 1995, p.262), et ceci s'observant d'autant mieux dans le cadre des analyses portant sur les formes et acteurs de la mobilité internationale où les inégalités spatiales et socio-démographiques se mêlent (Berroir *et al.* 2011), nous ne nous contenterons pas d'empiler les causalités mais examinerons les interactions entre les facteurs explicatifs (figure 3.12).



Auteur : Le Texier, 2013

FIGURE 3.12 – Les facteurs supposés de la présence d'euros étrangers dans les porte-monnaie.

Enfin, nous considérons que le travail de segmentation de l'inférence causale dans une analyse géographique doit davantage porter sur le choix des variables et concepts utilisés que sur le choix du modèle. Aussi, ne nous attarderons-nous pas dans notre présentation de la construction du modèle général sur les critères techniques du choix des variantes possibles du modèle statistique. La méthodologie empruntée est décrite en annexe B. La démarche systémique de l'analyse de la causalité et les tests de sensibilité et de robustesse

ayant permis d'aboutir au modèle général ne seront donc décrits que lorsqu'ils apporteront une connaissance thématique (caractérisation des différents facteurs d'internationalisation des porte-monnaie).

Dans un premier chapitre, nous tenterons de rendre compte de l'effet de facteurs structuraux sur l'internationalisation des porte-monnaie tels que le nombre total de pièces, leurs valeurs ou encore le moment d'observation. Puis, nous mesurerons la nature et l'importance d'effets attendus liés à la proximité aux pays émetteurs. Nous chercherons dans un second chapitre à distinguer des effets plus spécifiques liés à la localisation des porteurs et à leurs caractéristiques socio-démographiques. Des analyses seront enfin menées sur l'organisation locale des répartitions monétaires à partir du cas du Luxembourg.

Modélisation de la diffusion spatio-temporelle des pièces euro

Le nez de Cléopâtre, s'il eut été plus court, toute la face de la terre aurait été changée.

B. Pascal

Introduction du chapitre

Les résultats des premières enquêtes ESDO ont permis de mettre à jour certains facteurs explicatifs de la variation de la présence de pièces étrangères sur le territoire français : le nombre et les valeurs des pièces contenues dans le porte-monnaie, la durée écoulée depuis la mise en circulation des euros, la saison d'observation (avec notamment un pic du nombre de pièces étrangères après l'été), la proximité d'une frontière d'un pays de la zone euro ou encore l'importance démographique des pays émetteurs voisins (Grasland et Guérin-Pace 2003, Le Texier 2011, Grasland et al. 2012, Le Texier et Caruso 2013). Les effets de ces facteurs ont été modélisés séparément, puisqu'il s'agissait d'abord d'en étudier les effets particuliers.

Dans ce chapitre, nous chercherons à décrire l'importance relative de ces phénomènes dans l'estimation d'une présence plus ou moins importante de pièces euro étrangères dans les porte-monnaie.

Du fait des nombreuses interactions entre les facteurs intervenant dans le processus d'internationalisation, il sera nécessaire de construire un modèle qui permette de prendre en compte et de mesurer l'effet spécifique de chacun de ces facteurs. Les effets qui agissent de

manière mécanique sur le degré d'internationalisation des porte-monnaie seront d'abord introduits.

Dans un premier temps, nous testerons l'effet des trois facteurs structurels définis dans le chapitre 3 sur les différences observées entre porte-monnaie quant au nombre de pièces étrangères contenues : (1) la taille du porte-monnaie, définie par son nombre de pièces, devrait mécaniquement influencer la probabilité de posséder un nombre de pièces étrangères plus ou moins élevé, (2) la composition du porte-monnaie, définie par les valeurs des pièces, devrait intervenir ensuite car la probabilité pour une pièce d'être d'origine étrangère est plus importante pour les grosses pièces, et (3) la date d'observation, puisque le temps écoulé depuis la mise en place de l'euro accroît la probabilité de présence d'une pièce étrangère.

Nous intégrerons ensuite les effets de différents types de distance intervenant de façon banale dans la mise en relation entre les pays émetteurs et le lieu de résidence des enquêtés. En effet, comme le rappelait T. Hägerstrand (1952), un processus de diffusion se décrit tant par sa dynamique de distribution dans le temps que dans l'espace. Nous chercherons donc à montrer que la proximité aux pays d'émission agit effectivement en véritable facteur de distinction du degré d'internationalisation des porte-monnaie. Questionner la validité de la relation établie entre la présence de pièces étrangères et la proximité aux frontières requiert au préalable d'en déterminer la forme. Nous testerons donc différentes mesures de l'effet de la distance aux frontières sur le nombre de pièces étrangères contenues dans les porte-monnaie, toutes choses égales par ailleurs quant à leurs tailles, compositions et moments d'observation.

Les analyses présentées en troisième partie de ce chapitre testeront la stabilité temporelle d'un modèle formalisant les relations définies ci-dessus. Elles proposeront ensuite des spécifications par origine géographique des pièces afin de comparer le degré de porosité des différentes frontières des pays émetteurs. Pour finir, nous confronterons la validité du modèle explicatif aux trois indicateurs d'internationalisation décrits au chapitre premier : l'intensité, la diversité et la portée.

4.1 Les effets structurels de la présence des pièces étrangères dans les porte-monnaie

4.1.1 Hypothèses générales sur les effets mécaniques de l'internationalisation des porte-monnaie

Capture des effets de la taille et de la composition du porte-monnaie

La question de la taille et de la composition du porte-monnaie ayant été discutée dans le chapitre précédent, nous nous attacherons principalement, dans cette première partie de chapitre, à préciser les difficultés liées à la prise en compte de la temporalité différenciée des moments d'observation dans la modélisation de la présence de pièces étrangères au sein des porte-monnaie. Rappelons seulement que les caractéristiques socio-démographiques des individus et de leur région de résidence influencent leurs stratégies de paiement, et, par conséquent, la taille et la composition de leur porte-monnaie. Par composition, nous désignons la distribution des différentes valeurs de pièces dans l'ensemble des pièces observées.

D'autre part, si un effet mécanique de la taille du porte-monnaie sur la probabilité de détenir un grand nombre de pièces étrangères a été montré (chapitre 3), il n'est en revanche pas prouvé que la relation soit linéaire. En effet, les gros porte-monnaie peuvent avoir proportionnellement plus (ou moins) de pièces étrangères que les petits. Nous nous interrogerons ainsi sur la forme de la relation entre la proportion de pièces étrangères et le nombre de pièces, la relation pouvant être linéaire, puissance, ou exponentielle, et ces divers cas de figures avoir des implications théoriques différentes.

Le chapitre précédent a montré que les pièces euro n'avaient pas le même potentiel de circulation internationale selon leur valeur faciale : ainsi l'internationalisation des petites pièces en France est moins forte et moins rapide que celle des pièces de plus fortes valeurs. A taille égale, un porte-monnaie ne contenant que des pièces de 1 et 2 cents aura donc en théorie une probabilité plus faible de renfermer beaucoup de pièces étrangères qu'un porte-monnaie rempli exclusivement de pièces de 1 et 2 euros.

Sachant que ces variables de composition sont également corrélées avec les caractéristiques socio-démographiques et résidentielles des enquêtés, il est d'autant plus important de les intégrer dès la première formalisation du modèle afin de ne pas sur-interpréter les effets indirects des facteurs socio-spatiaux sur l'internationalisation¹.

1. On entend par effet indirect d'internationalisation d'un groupe social ou d'un territoire, des facteurs mécaniques non liés aux mobilités individuelles. Par exemple, le fait d'avoir des porte-monnaie plus gros et/ou comportant des pièces de plus fortes valeurs.

Choix de la forme du modèle temporel

Il est également primordial d'intégrer dès le début une variable temporelle de contrôle au modèle. Les études présentées dans les chapitres 2 et 6 montrent, en effet, que plus longue est la durée de circulation des pièces euro, plus la probabilité de détenir une pièce étrangère est élevée.

Une fois l'effet temporel écarté, nous faisons l'hypothèse que les déterminants socio-démographiques et les effets de la localisation du porteur sont les mêmes. Le nombre d'individus par vague étant trop faible pour une analyse spatiale fine et les individus n'ayant pas été sondés dans les mêmes lieux selon les enquêtes, nous nous voyons contraints de préférer l'utilisation d'un modèle général à l'emploi de modèles multiniveaux temporels. Afin de vérifier la justesse du postulat sus-mentionné, des sous-modèles temporels seront construits une fois stabilisé le modèle intégrant les effets du porte-monnaie, du moment d'enquête et de la proximité aux frontières. Ceux-ci nous permettront de mesurer la variabilité temporelle des relations décrites par le modèle général.

L'analyse d'une série temporelle se fait généralement par l'utilisation d'une composante tendancielle (évolution à long terme) et d'une variation de cette relation, considérée comme aléatoire ou contenue dans une composante saisonnière de la réalisation du processus étudié (Granger 1981). Ce type d'approche se base sur des modèles autorégressifs et a le plus souvent une visée prédictive (Lechevalier 1998). L'utilisation de modèles autorégressifs permet en effet de tenir compte des valeurs passées de la variable à expliquer, les processus de diffusion connaissant généralement des effets de mémoire à plus ou moins long termes (Rosenkopf et Abrahamson 1999).

Cependant, deux raisons nous ont amenés à écarter leur utilisation pour notre étude. Tout d'abord, l'utilisation de modèles autorégressifs requiert une connaissance *a priori* de l'effet de l'autocorrélation temporelle entre variables. Or, notre approche étant exploratoire, nous ne pouvions préjuger de la forme de la fonction de pondération de la distance temporelle ou encore de la valeur du paramètre. Enfin et surtout, le porte-monnaie étant un objet changeant, seule l'étude d'un ensemble de porte-monnaie fait sens. Les données ESDO n'apportent pas d'observation à passages répétés de porte-monnaie appartenant à un panel d'enquêtés, mais correspondent pour chaque enquête à un échantillon représentatif de la population française. C'est pourquoi nous avons choisi d'adopter une modélisation simple du temps, consistant à intégrer cette dimension comme une des variables explicatives du modèle (Kleiber et Zeileis 2008).

Capture de l'effet du moment d'enquête

Un premier modèle prend en compte l'effet temporel de manière discrète. Il intègre les moments d'enquêtes en tant que modalités d'une variable catégorielle, sans tenir compte du caractère continu du temps. En maîtrisant ainsi l'effet discret du temps, il devient plus aisé de repérer l'action particulière des facteurs structurels, comme la taille et la composition des porte-monnaie. Une telle approche ne permet cependant pas de modéliser les trajectoires temporelles en les ramenant à des modèles mathématiques connus.

Aussi avons-nous cherché à définir une fonction continue de la probabilité croissante de posséder un nombre important de pièces étrangères au cours du temps afin de déterminer une vitesse de diffusion des pièces euro étrangères, information qui s'avèrerait par exemple particulièrement utile dans une optique prospective. Il a été montré de longue date que les processus de diffusion s'ajustaient souvent à une fonction logistique, notamment dans le cas des innovations (Hägerstrand 1952, Casetti 1969) ou d'épidémies (Bartlett 1946, Mansfield et Hensley 1960). La diffusion des pièces euro à l'extérieur de leur pays d'émission n'est cependant pas directement comparable à ces processus de propagation puisque les pièces étrangères, une fois arrivées en France, continuent de s'échanger et échappent à leur porteur contrairement aux innovations ou aux épidémies.

L'évolution de la présence des euros étrangers en France suit un processus de diffusion par « relocalisation » (Cliff 1981), analogue à une loi logistique mais pas forcément identique. Les mobilités internationales entraînent une croissance continue de la présence de pièces étrangères sur le territoire national et impliquent que les pièces sortant du territoire sont, elles aussi, de plus en plus internationalisées. De la même manière, la probabilité qu'une pièce française entre sur le territoire national, que ce soit à la suite d'une transaction réalisée par un résident français à l'étranger ou via un visiteur étranger en France, est de plus en plus importante à mesure que les échanges se font. Cet équilibre supposé entre flux entrants et flux sortants entraînerait un ralentissement de la vitesse de diffusion des euros étrangers en France. L'effet temporel prendrait alors une forme linéaire. Les qualités d'estimation des modèles intégrant un effet du temps linéaire, d'une part, et log-linéaire d'autre part devront donc être confrontées pour la phase initiale du processus à laquelle nous nous limitons. Pour la phase terminale, le modèle est plus imprévisible car deux facteurs perturbateurs interviennent : (1) l'arrivée de nouveaux membres dans la zone euro, (2) les pertes de pièces et leur remplacement par de nouvelles frappes.

Il nous faut rappeler ici que la tendance à l'internationalisation n'est pas nécessairement croissante au cours du temps, en raison des pertes de pièces et des nouvelles frappes. Un pays ayant 20 % de pièces étrangères qui fermerait ses frontières verrait progressivement la part des pièces étrangères diminuer s'il continue à frapper la monnaie en euro. On

comprend dès lors mieux le rôle des arrivées massives de pièces étrangères en été comme facteur influençant de la vitesse du mélange qui, sans cela, pourrait être réversible.

On observe, de plus, une saisonnalité dans les pics de pièces étrangères en France (Le Texier 2011b). Sachant que les flux touristiques internationaux se caractérisent par une forte saisonnalité (Baum et Hagen 1999, Cazes 1992, Knafou et Stock 2003), nous faisons l'hypothèse que les pièces étrangères arrivant par vague sur le territoire résultent pour une part importante de déplacements entre pays européens liés à un motif touristique. La saisonnalité des flux touristiques étant régulière d'une année à l'autre (Kulendran et Wong 2005, Croce et Wöber 2009), nous en mesurerons l'action sur l'internationalisation des porte-monnaie en isolant les effets des autres variables.

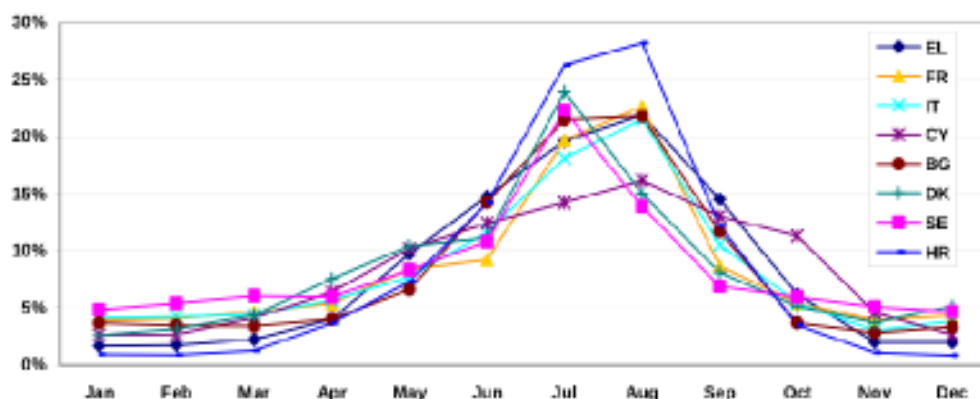
La saisonnalité des flux de touristes dépend de leurs lieux d'origine et de destination. Selon Croce et Wöber (2009), la saisonnalité serait en effet le résultat de facteurs de natures diverses :

- les variations temporelles des conditions naturelles, jouant sur les facteurs attractifs (heures d'ensoleillement, chutes de neige, etc.) et répulsifs (pluviométrie, etc.) ;
- les décisions institutionnelles affectant la collectivité, telles que les ouvertures saisonnières de certains complexes touristiques, les saisons sportives, ou encore les vacances scolaires ;
- les influences socio-culturelles affectant les individus, comme les célébrations religieuses, les grands événements, etc.

En Europe, et particulièrement en France, cette saisonnalité est marquée par un pic de la présence touristique durant la période estivale (Demunter 2010), comme le montre le graphique 4.1².

2. Les hébergements collectifs comprennent les hôtels, les campings, etc

Figure 2a: Monthly distribution of nights spent in collective accommodation, 2009 (countries with high seasonality)



Note: EL and FR: "Other collective accommodation" includes only tourist campsites.

Source: Eurostat (tour.ecc.nim)

FIGURE 4.1 – Saisonnalité des flux touristiques en Europe : un pic estival marqué. Source : Demunter (2010))

4.1.2 Modéliser les effets de la composition du porte-monnaie et les effets temporels

Le tableau 4.1 présente des statistiques simples sur les données utilisées dans la modélisation de l'intensité de la présence des pièces euro étrangères dans les porte-monnaie par la prise en compte des effets du porte-monnaie et de la date d'enquête.

		Variable				catégorielle Nombre de classes
		Min	Max	Moyenne	Ecart-type	
Taille	Nombre de pièces	1	64	12,96	9,11	
Composition	Part de 1 et 2 cents	0,00	1,00	0,26	0,23	
	Part de 5, 10 et 20 cents	0,00	1,00	0,41	0,22	
	Part de 50, 100 et 200 cents	0,00	1,00	0,33	0,25	
Enquête	Durée (Nombre de mois) depuis l'introduction de l'euro	6	120	39,85	29,15	15
Saison						4

Tableau 4.1 – Statistiques descriptives des variables renseignant sur la composition du porte-monnaie et la date d'enquête (n=21716).

A la lecture de celui-ci, on constate ainsi que le porte-monnaie type observé dans les enquêtes ESDO réalisées en France contient en moyenne 13 pièces, avec un tiers de pièces

d'une valeur supérieure ou égale à 50 cents, un quart de petites pièces (1 et 2 cents) et le reste de pièces de 5, 10 ou 20 cents. Nous avons choisi de définir l'effet saisonnier en fonction des périodes de vacances communes à l'ensemble des pays européens, ayant lieu autour du passage à la nouvelle année et au cours des mois de juillet et août. Les 4 modalités saisonnières choisies sont donc les suivantes : janvier, juin, septembre/octobre et décembre.

Le tableau 4.2 rend compte des résultats des différentes hypothèses testées afin d'estimer le nombre de pièces étrangères dans les porte-monnaie en fonction de variables décrivant le contenu du porte-monnaie et/ou la date d'enquête. Nous comparons plus particulièrement la prise en compte des effets linéaires et log-linéaires de la taille du porte-monnaie et de la durée de mise en circulation des euros, ainsi que leurs interactions avec l'effet de la répartition des différentes valeurs de pièces dans les porte-monnaie.

Hypothèses testées	Degré de liberté	Déviance expliquée
Taille	1	22,49
Log(Taille)	1	24,18
Log(Taille) + composition	4	30,51
Log(Taille) + composition + Enquête	18	42,38
Log(Taille) + composition + Durée	5	39,60
Log(Taille) + composition + log(Durée)	5	42,08
Log(Taille) + composition + log(Durée) + saison	8	42,13

Tableau 4.2 – Détermination des facteurs liés au porte-monnaie et au moment d'enquête affectant le plus fortement le nombre de pièces étrangères contenues dans les porte-monnaie (enquêtes ESDO, juin 2002-décembre 2011).

La comparaison du pouvoir explicatif de chaque association d'effets liés au porte-monnaie et/ou au moment d'enquête (4.2) indique que le modèle le plus à même d'estimer le nombre de pièces étrangères contenues dans un porte-monnaie (au regard du rapport entre le nombre de degrés de liberté et de la part de déviance expliquée) prend la forme suivante :

$$\begin{aligned}
 NbEtr. = & \exp[\alpha + \beta_1[\log(Taille)] + \\
 & \beta_2(\%petites) + \beta_3(\%grandes) \\
 & + \beta_4[\log(Durée)] + \beta_5(Saison)]
 \end{aligned}$$

Ce modèle, que nous appellerons « Modèle I », servira de référence pour la suite des

analyses présentées dans ce chapitre. L'analyse de la part de chacune des variables dans l'estimation du nombre de pièces étrangères présentes dans un porte-monnaie (tableau 4.3) indique que si l'ensemble des variables explicatives a un effet significatif sur le degré d'internationalisation des porte-monnaie, l'importance des effets de chacune d'entre elles varie considérablement. Ainsi, la taille du porte-monnaie et la durée de mise en circulation des euros expliquent à elles seules 40% des différences d'internationalisation entre porte-monnaie.

Modèle I	Déviance exprimée
Log(Taille)	31,53***
% 1 et 2 cents	1,64***
% 50, 100 et 200 cents	1,05***
Log(Durée)	10,33***
Saison	0,05***

Note de lecture : L'analyse de la variance (ANOVA) nous apprend que 31,53% de la différence de nombre de pièces étrangères contenues dans les porte-monnaie est expliquée par la taille du porte-monnaie. La probabilité de faire une erreur en considérant la différence comme significative est mesurée par un test du χ^2 et est donnée par : *** = 0 ; ** = 0,001 ; * = 0,01 ; . = 0,05

Tableau 4.3 – Pouvoir explicatif des variables du modèle structurel : effets du porte-monnaie et de la date d'enquête (n = 21716). Source : ESDO - enquêtes de juin 2002 à décembre 2011.

L'analyse des coefficients associés à chaque facteur explicatif (tableau 4.4) nous permet de mieux caractériser ces effets.

Comme nous pouvions notamment l'attendre de la démonstration faite dans le chapitre précédent, le nombre de pièces contenues dans un porte-monnaie augmente la probabilité de posséder un nombre élevé de pièces étrangères. Le coefficient de la variable décrivant l'effet de la taille du porte-monnaie étant positif et supérieur à 1, il implique que les gros porte-monnaie ont une part plus importante de pièces étrangères que les petits, toutes choses égales par ailleurs.

D'autre part, à taille de porte-monnaie égale, la probabilité de posséder une pièce étrangère est plus importante pour un porte-monnaie contenant une part élevée de pièces de 1 et 2 euros que de 5, 10 ou 20 cents. Cette différence est encore plus importante avec les porte-monnaie contenant uniquement des pièces de 1 et 2 cents. Ce résultat rappelle celui des historiens de l'Antiquité (cf : chapitre 2), qui observent que la monnaie n'a pas le même pouvoir de circulation selon la valeur de la pièce. Il semble également corroborer l'observation faite dans le chapitre précédent (chapitre 3), où l'on remarquait que la probabilité pour une pièce d'être utilisée au cours d'une transaction n'était pas la même selon sa valeur, certains individus ayant pour stratégie de paiement « d'aller au plus rapide » et échangeant plus fréquemment des pièces de fortes valeurs.

Nombre de pièces étrangères	Modèle I
Log(Taille)	1,07***
Composition	
% 1 et 2 cents	-0,99***
% 5 et 10 et 20 cents	réf.
% 50, 100 et 200 cents	0,69***
Log(Durée)	0,56***
Saison	
Janvier	0,06***
Jun.	réf.
Sept.-Oct.	0,06***
Déc.	n.s.
Intercept	-3,85***

Note de lecture : L'analyse des coefficients du modèle de régression de Poisson nous apprend que la durée de mise en circulation des euros augmente, toutes choses égales par ailleurs, la valeur exponentielle du nombre de pièces étrangères détenues dans un porte-monnaie (+0,56*Durée). La probabilité de faire une erreur en considérant l'effet de la variable comme significative est mesurée par la statistique de test de Student et est donnée par : *** = 0 ; ** = 0,001 ; * = 0,01 ; . = 0,05

Tableau 4.4 – Effet des variables structurelles : composition du porte-monnaie et date d'enquête (n = 21716). Source : ESDO - enquêtes de juin 2002 à décembre 2011.

La valeur significative et positive du coefficient du logarithme de la durée de mise en circulation des euros vient confirmer les résultats précédents (cf : chapitres 1, 2 et 3). Le nombre de pièces étrangères varie positivement avec la durée. La valeur du coefficient (0,56) indique qu'il s'agit pratiquement d'une fonction du temps en racine carrée. On observe d'autre part un effet saisonnier. Si l'on prend le mois de juin comme référence, les mois qui suivent les périodes estivales et de fêtes de fin d'année révèlent une présence significativement plus importante de pièces étrangères.

La figure 4.2 retrace l'évolution de la part de pièces étrangères, à partir des coefficients du modèle, en maintenant constantes la taille du porte-monnaie (20 pièces) et la valeur des pièces (20 cents). Elle montre que la vitesse de progression des pièces étrangères sur le territoire français est plus rapide dans les premiers moments de la diffusion que par la suite. Les pics d'affluence de pièces étrangères en janvier et septembre ressortent quant-à-eux plus fortement une fois la vitesse de diffusion des euros étrangers en France ralentie.

Ces résultats vérifient l'ensemble des hypothèses sous-jacentes à la mise en place du modèle : (1) la linéarité de la relation entre variables dépendante et indépendantes, (2) la normalité des résidus, et (3) leur homoscedasticité (cf. annexe C.1).

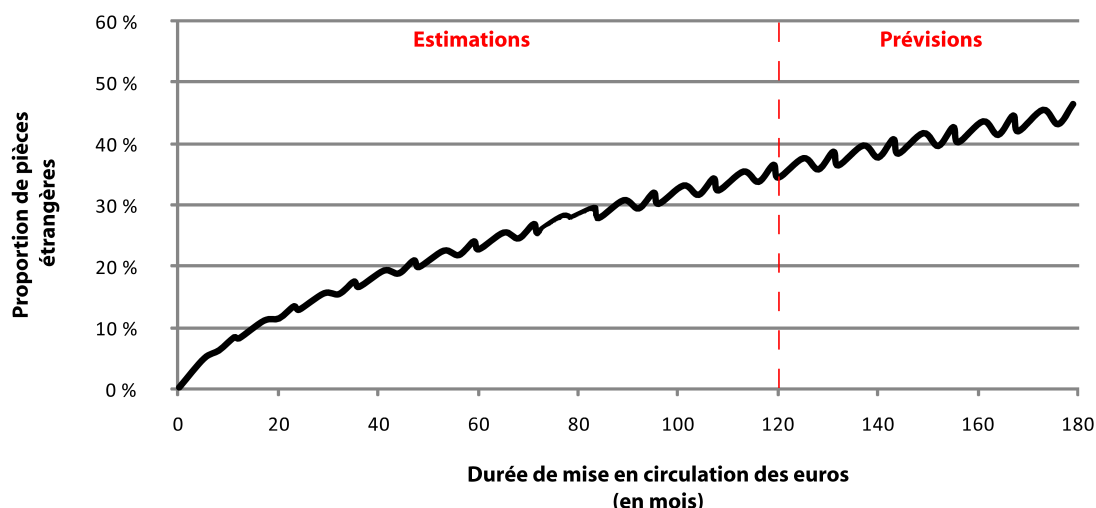


FIGURE 4.2 – Estimation de la vitesse de diffusion des euros étrangers dans les porte-monnaie par le Modèle I.

4.2 L'effet spatial de la présence des pièces étrangères dans les porte-monnaie : la diffusion depuis les frontières

Dans cette partie, nous cherchons à comprendre comment la prise en compte d'un effet de diffusion spatiale décrivant la distance entre le lieu de résidence des porteurs et les pays d'émission des pièces euro étrangères peut améliorer, ou non, le pouvoir explicatif du modèle.

4.2.1 Hypothèses générales concernant les effets de la proximité spatiale sur l'internationalisation des porte-monnaie

L'importance de la proximité d'une source d'émission dans un processus de diffusion par relocalisation a été repérée pour la première fois par Ravenstein à la fin du XIX^{ème} siècle, lorsqu'il observait les mobilités résidentielles entre villes britanniques (Ravenstein 1889). Cette observation s'est par la suite retrouvée au coeur des fondements théoriques de l'interaction spatiale, définis en 1970 par Waldo Tobler dans ce que l'on nomme la *première loi de géographie* : « tout interagit avec tout, mais deux objets proches ont plus de chance de le faire que deux objets éloignés ». Les modèles de diffusion spatiale reposent sur l'hypothèse que les probabilités de contacts entre individus - et donc de propagation d'un phénomène d'un lieu vers un autre - sont plus fortes entre des espaces proches, la

distance jouant le rôle de frein sur l'intensité des déplacements et, par voie de conséquence, sur celle des échanges (Tobler 1970).

L'étude de l'effet de la distance sur les interactions individuelles nécessite de déterminer un facteur d'éloignement et une fonction de décroissance de la probabilité avec la distance. Le choix du facteur d'éloignement requiert plus particulièrement de s'interroger sur la difficulté de franchissement de la distance. Cette dernière peut, en effet, être liée à des questions de coût (dans une acception générale : économique, temporel, etc.). Dans le cas particulier de la modélisation du nombre d'euros étrangers dans les porte-monnaie, nous ne sommes cependant pas à même de mesurer ces distances empiriques. Nous avons donc opté pour une solution plus générale consistant à utiliser la distance euclidienne séparant la commune de résidence de l'enquêté (localisée au niveau de son centroïde) et les points frontières les plus proches de chaque pays émetteur d'euros. Il s'agit donc d'un minorant de la distance réelle parcourue par la pièce depuis le pays émetteur vers le lieu d'enquête.

La difficulté de franchissement d'un kilomètre supplémentaire dans un trajet peut cependant être plus importante dans les premiers kilomètres séparant le lieu de départ du lieu d'arrivée, ou peut s'avérer, à l'inverse, être plus coûteuse (au sens le plus large du terme) à mesure que l'on se rapproche du lieu d'arrivée. Les modèles intégrant une fonction puissance négative de l'éloignement permettent de mieux prendre en compte les interactions à longue distance, alors que les modèles utilisant une fonction exponentielle négative sont mieux adaptés pour estimer des mouvements à courte distance (Wilson 1971, Fotheringham et O'Kelly 1989, Dujardin 2001).

Dans le cas de la diffusion des euros par-delà les frontières nationales (figure 4.3), une meilleure spécification d'un modèle formalisant l'effet de la distance par une fonction puissance négative signifiera que la diffusion des euros a tendance à se cantonner aux zones frontières. A l'inverse, une fonction exponentielle négative indiquera que ce sont les lieux les plus éloignés qui peinent à capter la diffusion des pièces étrangères (Taylor 1971, Poulain 1981).

Au-delà d'un effet continu de la distance, les processus de diffusion spatiale montrent la présence de discontinuités, marqueurs de relations préférentielles ou d'effets de barrières (Nijkamp *et al.* 1990, Grasland 1999). L'une des hypothèses fortes des modèles de diffusion spatiale réside ainsi dans l'importance des effets de voisinage (Christaller 1933). Par effets de voisinage, nous entendons toute forme d'incidence de l'environnement immédiat (ici la frontière) sur le fonctionnement d'un espace ou sur l'intensité du volume et la portée des flux (François *et al.* 2002, Reitel et Zander 2004). L'effet de voisinage, dans l'hypothèse où il se cantonnerait à un périmètre restreint et contigu à la frontière, pourrait ainsi être, plus simplement, résumé par une variable binaire renseignant sur l'appartenance de la commune de résidence de l'enquêté à un ourlet frontalier (Ratzel 1897).

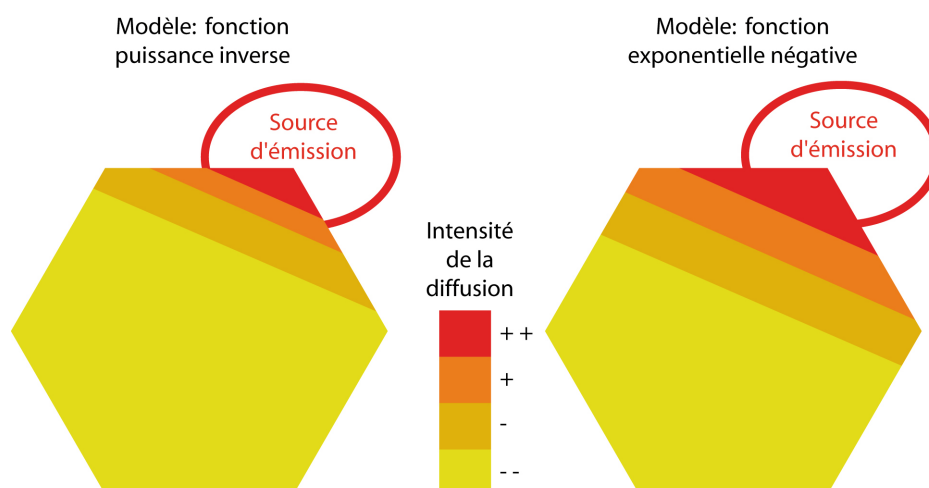


FIGURE 4.3 – Schématisation de l'effet de l'éloignement à un pays émetteur sur l'intensité de la diffusion de pièces euro, selon la forme mathématique d'influence de la distance.

Cependant, l'effet d'une propagation continue et l'effet d'appartenance à l'ourlet frontalier sont rarement antinomiques et indépendants (Rossera 1990, Grasland 1999, Dujardin 2001). Aussi reprendrons-nous l'hypothèse faite par Reitel et Zander (2004) selon laquelle une prise en compte conjointe des mesures continue et discrète de l'effet dissuasif de la distance aux frontières (figure 4.4) apporterait un meilleur ajustement du modèle aux données observées.

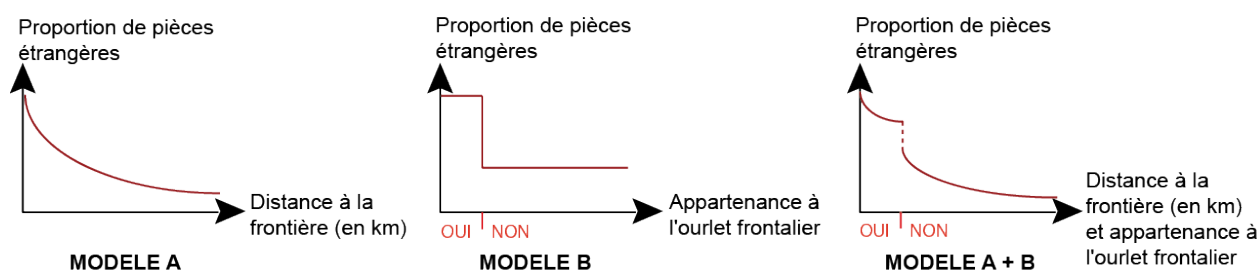


FIGURE 4.4 – Illustration des effets continu et discret de la distance sur l'internationalisation des porte-monnaie.

Rappelons que toutes ces variantes de la formalisation de l'effet de l'éloignement aux pays émetteurs d'euros étrangers sur l'intensité de leur présence dans les porte-monnaie se fondent sur une mesure commune : la distance euclidienne entre centroïde de la commune de résidence de l'enquêté et le point frontière le plus proche. Dans nos modèles, l'espace est donc décrit de façon homogène et isotrope, et ne rend pas compte des distances pratiques (accès différenciés au réseau de transport, différence de vitesse de circulation selon les portions utilisées, etc) ou cognitives (langue commune, connaissance du lieu, etc.). Il s'agit cependant d'une évaluation raisonnable de la distance minimale des communes de résidence des individus aux frontières dans une perspective de modélisation de comporte-

ments types (Grasland 2012).

Nous considérons en outre la distance euclidienne comme un filtre permettant la mise à jour de facteurs favorisant l'interaction (autoroutes, aéroports, etc.) ou la réduisant (barrières physiques ou mentales). L'analyse des résidus du Modèle II (chapitre 5) servira précisément à permettre de repérer ces autres facteurs.

Il est également important de noter que l'effet de la proximité à un pays émetteur est mesuré par la distance minimale à la frontière de l'un de ces pays. Les frontières sont donc prises en compte de manière indifférenciée, ce qui sous-entend que l'on considère qu'elles sont identiquement perméables aux flux, pareillement actives et abritent des masses identiques en termes de population, d'emploi, de richesse, etc. Il s'agit donc d'une généralisation très importante de l'effet de la distance, puisque ces facteurs déterminent une plus ou moins grande porosité des frontières (Buxeda 2005).

Enfin, l'observation des pièces étrangères en France ne permet pas de connaître le chemin qu'elles ont parcouru entre leur pays d'émission et la commune de résidence de l'enquêté où elles ont été observées. Là encore, la simplification des schémas de la circulation des pièces est conséquente. En effet, nous ne sommes pas en mesure de définir si la sur-représentation de pièces d'une origine particulière dans un territoire situé à proximité du pays d'émission est lié à des interactions réciproques entre les deux espaces, ou bien, par exemple, à des mobilités transfrontalières effectuées par des résidents d'un seul de ces pays. Or, les frontières n'influencent pas symétriquement les territoires se trouvant de part et autre. Il se forme en effet des relations de domination, de complémentarité, etc. (Nijkamp *et al.* 1990). La cartographie des migrations alternantes aux frontières nationales en 2006 (figure 4.5) révèle en ce sens que les flux de travailleurs frontaliers sont d'intensité inégale selon les frontières et d'une asymétrie particulièrement élevée. La France envoie ainsi plus de travailleurs vers la Belgique, le Luxembourg, l'Allemagne, la Suisse et le Luxembourg qu'elle n'en reçoit de ces pays.

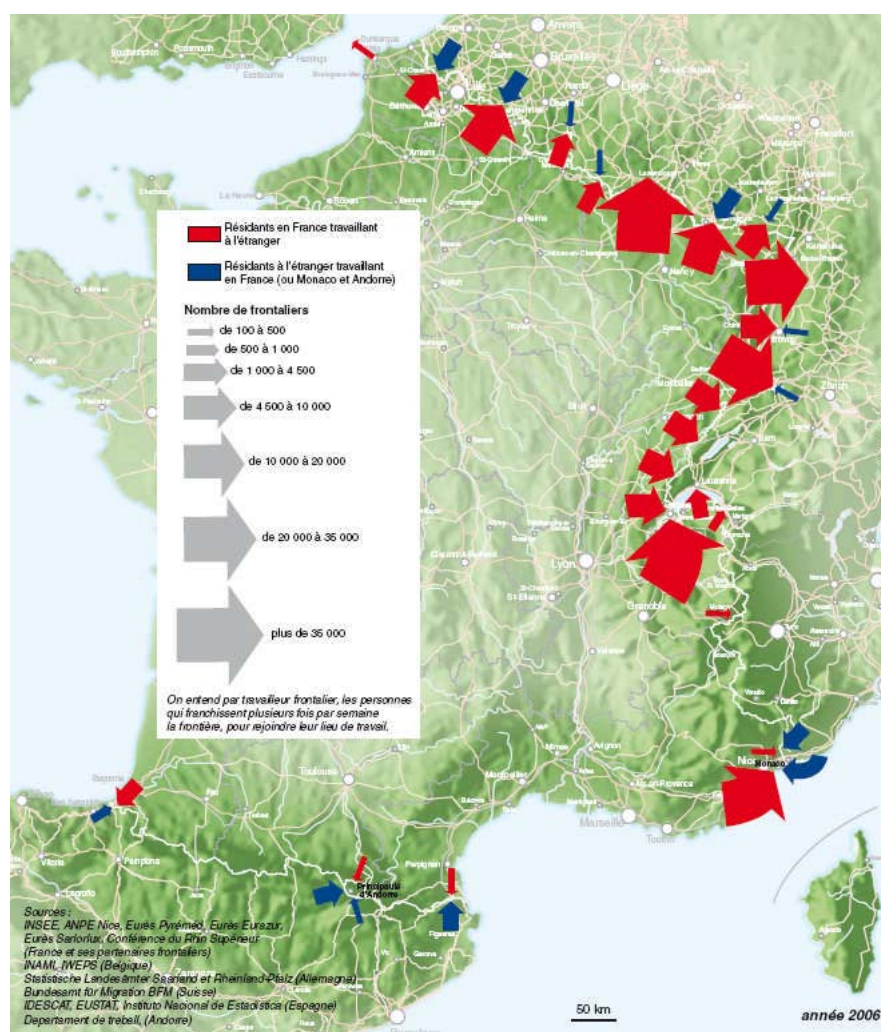


FIGURE 4.5 – Localisation des Migrations Alternantes des Travailleurs Frontaliers. Source : Atlas de la coopération transfrontalière (MOT, 2007)

4.2.2 L'impact de la distance aux frontières

Comme nous venons de l'expliquer, l'effet de la proximité à un pays émetteur de pièces euro peut intervenir de différentes façons sur l'intensité de leur présence dans les porte-monnaie. Dans un premier temps, nous avons donc comparé le rôle discriminant de chaque facteur (tableau 4.5).

On remarque que l'intégration d'un effet spatial dans le modèle entraîne une amélioration relativement faible de l'estimation de l'intensité de l'internationalisation des porte-monnaie (+3 points). La fonction de décroissance de probabilité de l'intensité de la présence de pièces étrangères dans les porte-monnaie n'explique que 0,44 % des différences observées (4.6). La comparaison de l'effet de l'appartenance aux différentes classes de distance aux frontières nous permet de retenir une portée moyenne des ourlets frontaliers de 50km. Le rôle de la distance est toutefois plus important que celui de l'appartenance

	Degrés de liberté	% de déviance expliquée
Modèle I	8	42,13
Modèle I +		
Distance	9	45,05
Exp(Distance)	9	42,14
Log(Distance)	9	45,26
Ourlet à 10km	9	42,75
Ourlet à 20km	9	43,79
Ourlet à 50km	9	44,96
Log(Distance) + ourlet 50km	10	45,40

Tableau 4.5 – Détermination des facteurs de distance aux pays émetteurs affectant le plus fortement le nombre de pièces étrangères contenues dans les porte-monnaie (n = 21716). Source : ESDO, enquêtes de juin 2002 à décembre 2011.

à l'ourlet frontalier, qui ne détermine que 0,14% de l'intensité de l'internationalisation des porte-monnaie. L'ensemble des variables influencent néanmoins significativement le nombre de pièces étrangères contenues dans les porte-monnaie.

Nombre de pièces étrangères	Modèle I	Modèle II
Log(Taille)	31,53***	30,95***
% Petites	1,64***	1,55***
% Grandes	1,05***	0,97***
Log(Durée)	10,33***	9,97***
Saison	0,05***	0,07***
Log(Dist. min)		0,44***
Ourlet		0,14***

Note de lecture : L'analyse de la variance (ANOVA) nous apprend que 0,14% de la différence de nombre de pièces étrangères contenues dans les porte-monnaie est expliquée par le fait d'appartenir ou non à l'ourlet frontalier. La probabilité de faire une erreur en considérant la différence comme significative est mesurée par un test du χ^2 et est donnée par : *** = 0 ; ** = 0,001 ; * = 0,01 ; . = 0,05

Tableau 4.6 – Modèle II : Introduction des distances à la frontière (n = 21716). Source : ESDO - enquêtes de juin 2002 à décembre 2011.

A nouveau, l'analyse des coefficients associés aux différentes modalités de variable (tableau 4.7) nous permet de mieux caractériser les effets de l'éloignement aux frontières sur l'intensité de l'internationalisation des porte-monnaie.

En premier lieu, nous pouvons remarquer l'absence d'interactions entre les effets du porte-monnaie et du moment d'enquête d'une part, et les effets de l'éloignement aux frontières de l'autre. Les coefficients associés aux variables décrivant la taille du porte-monnaie, sa composition, la durée de mise en circulation des pièces euro et la saison d'observation du

Nombre de pièces étrangères		Modèle I	Modèle II
log(Taille) Composition		1,07***	1,06***
	% 1 et 2 cents	-0,99***	-0,96***
	% 5 et 10 et 20 cents	réf.	réf.
	% 50 cents et 1 et 2 euros	0,69***	0,67***
log(Durée) Saison		0,56***	0,56***
	Janvier	0,06***	0,05***
	Jun.	réf.	réf.
	Sept.-Oct.	0,06***	0,08***
	Déc.	n.s.	n.s.
Log(Distance) Ourlet			-0,12***
	Hors Ourlet		-0,21***
	Dedans		réf.
Intercept		-3,85***	-3,27***

Note de lecture : L'analyse des coefficients du modèle de régression de Poisson nous apprend que le fait de résider dans une commune n'appartenant pas à un ourlet frontalier diminue, toutes choses égales par ailleurs, la valeur exponentielle du nombre de pièces étrangères détenues dans un porte-monnaie (-0,21). La probabilité de faire une erreur en considérant l'effet de la variable comme significative est mesurée par la statistique de test de Student et est donnée par : *** = 0 ; ** = 0,001 ; * = 0,01 ; . = 0,05

Tableau 4.7 – Effets des variables structurelles (porte-monnaie et date d'enquête) et de la proximité aux frontières (n = 21716). Source : ESDO - enquêtes de juin 2002 à décembre 2011.

porte-monnaie ne varient en effet que très peu d'un modèle à l'autre lorsque l'on introduit la distance à la frontière.

La décroissance du nombre de pièces étrangères selon l'éloignement aux frontières est illustrée dans la figure 4.6. Afin de mettre en évidence les effets spécifiques de ce facteur, nous avons gardé constantes la taille et la composition en termes de valeurs du porte-monnaie (15 pièces de 20 cents) et la date de l'enquête (juin 2002).

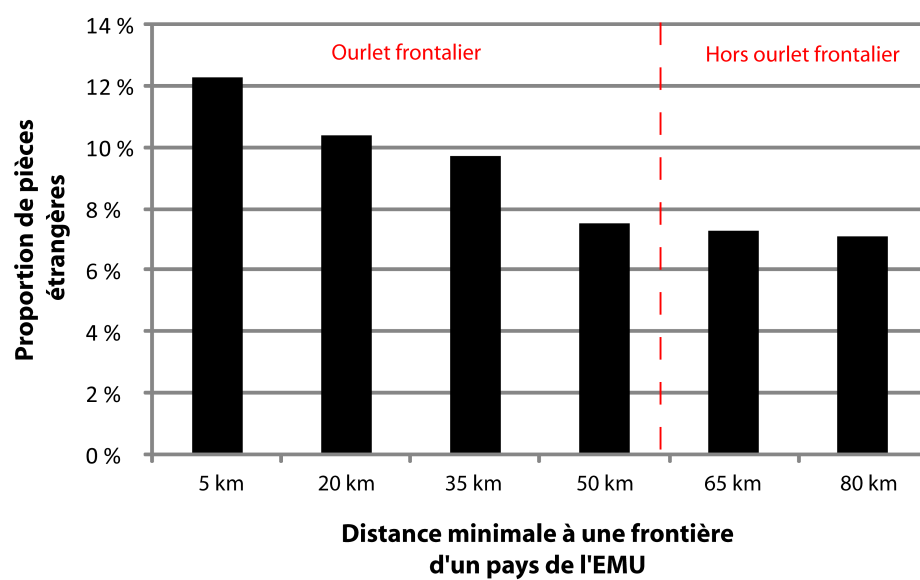


FIGURE 4.6 – Estimation de l'intensité de la présence de pièces étrangères dans les porte-monnaie en fonction de l'éloignement de la commune de résidence de l'enquêté à une frontière d'un pays de l'EMU par le Modèle II.

On remarque ainsi que l'effet de la distance sur le degré d'intensité de l'internationalisation des porte-monnaie agit plus fortement lorsqu'il est défini de façon continue que par la simple appartenance à l'ourlet frontalier.

Nous retiendrons désormais, dans la suite de nos analyses de l'internationalisation des porte-monnaie, le Modèle II, dont rend compte l'équation suivante :

$$\begin{aligned}
 NbEtr. = & \exp[\alpha + \beta_1[\log(Taille)] + \\
 & \beta_2(\%petites) + \beta_3(\%grandes) \\
 & + \beta_4[\log(Durée)] + \beta_5(Saison) \\
 & + \beta_6[\log(Dist.min)] + \beta_7(Ourlet)]
 \end{aligned}$$

Ces résultats vérifient les hypothèses de linéarité de la relation entre les variables dépendantes et indépendantes d'une part, et de normalité des résidus de l'autre (cf. annexe C.2). On observe toutefois une légère hétéroscédasticité des résidus (liée principalement à une sous-estimation de l'internationalisation des porteurs situés dans les espaces trans-frontaliers) qui semble indiquer une nécessaire poursuite de l'affinement du modèle.

Dans ce chapitre, nous avons en effet cherché à déterminer les effets « structurels ou banals » de la présence des pièces étrangères dans les porte-monnaie. Or, les spécificités individuelles ou territoriales influent sur les pratiques de mobilité et de sociabilité internationales. Nous montrerons en effet dans le chapitre suivant que l'internationalisation des porte-monnaie varie selon la localisation ou les caractéristiques socio-démographiques des porteurs.

En outre, les résultats formulés jusqu'à présent dans le chapitre ne s'appliquent qu'à une modélisation générale de l'internationalisation des porte-monnaie. Dans la partie suivante, nous vérifierons la capacité explicative du modèle d'interaction spatio-temporelle sur l'internationalisation des porte-monnaie en testant sa sensibilité aux variations temporelles, aux origines géographiques des pièces, et aux différentes mesures de l'internationalisation présentées dans le chapitre 1 de la thèse.

4.3 Validation du modèle d'interaction spatio-temporelle en fonction des périodes d'enquête, des origines de pièces et des mesures d'internationalisation

4.3.1 Sous-modèles temporels

L'objectif de la construction de sous-modèles temporels est de mesurer la sensibilité du modèle général à la prise en compte du temps de façon continue. Nous cherchons, plus particulièrement, à savoir si l'importance des flux saisonniers est stable sur la période d'étude. Nous souhaitons répondre aux questions suivantes : l'effet de la taille du porte-monnaie et de sa composition a-t-il varié à mesure que les européens s'habituèrent à l'utilisation des pièces euro dans leurs transactions ? Les mobilités infra-nationales des personnes résidant sur le territoire français ont-elles conduit à un brassage interne tel que l'effet de la proximité aux pays émetteurs s'est progressivement estompée ?

Nous avons pour cela divisé la période d'observation en cinq sous-périodes et modélisé pour chacune l'internationalisation des porte-monnaie au regard des effets du porte-monnaie et de la proximité aux frontières (tableau 4.8).

Nombre de pièces étrangères	Modèle II (ensemble des dates) <i>n</i> = 21716	Période 1 : Juin 2002 Sept. 2002 Janv. 2003 <i>n</i> = 4331	Période 2 : Juin 2003 Sept. 2003 Déc. 2003 <i>n</i> = 4216	Période 3 : Juin 2004 Sept. 2004 Déc. 2004 <i>n</i> = 4522	Période 4 : Juin 2005 Déc. 2005 Juin 2006 <i>n</i> = 4274	Période 5 : Janvier 2007 Octobre 2008 Décembre 2011 <i>n</i> = 4373
log(Taille)	1,06***	1,20***	0,96***	1,12***	1,05***	1,03***
% 1 et 2 cents	-0,97***	-1,20***	-0,83***	-0,93***	-1,02***	-0,98***
% 5, 10 et 20 cents	réf.	réf.	réf.	réf.	réf.	réf.
% 50, 100 et 200 cents	0,67***	1,09***	0,57***	0,61***	0,67***	0,57***
log(Dist. min.)	-0,12***	-0,25***	-0,19***	-0,13***	-0,09***	-0,03*
Hors Ourlet	-0,21***	-0,13*	-0,28***	-0,30***	-0,18***	-0,24***
Ourlet	<i>n</i> = 18590 réf.	<i>n</i> = 3809 réf.	<i>n</i> = 3617 réf.	<i>n</i> = 3913 réf.	<i>n</i> = 3544 réf.	<i>n</i> = 3705 réf.
Intercept	<i>n</i> = 3128	<i>n</i> = 522	<i>n</i> = 599	<i>n</i> = 609	<i>n</i> = 730	<i>n</i> = 668
% de déviance expliquée	-3,27***	-1,86***	-1,08***	-1,35***	-1,16***	-1,09***
	46	29	31	41	43	51

Note de lecture : L'analyse des coefficients des modèles de régression de Poisson nous apprend que, pour la période 5, le fait de résider dans une commune n'appartenant pas à un ourlet frontalier diminue, toutes choses égales par ailleurs, la valeur exponentielle du nombre de pièces étrangères détenues dans un porte-monnaie (-0,24). La probabilité de faire une erreur en considérant l'effet de la variable comme significative est mesurée par la statistique de test de Student et est donnée par : * * * = 0,001 ; * = 0,01 ; . = 0,05. Le modèle permet d'expliquer 51% des différences de nombre de pièces étrangères entre porte-monnaie à cette période.

Tableau 4.8 – L'internationalisation au regard des effets temporels (Modèle II). Source : ESDO.

L'analyse des sous-modèles temporels nous permet de comparer, toutes choses égales par ailleurs, les effets de la taille et de la composition du porte-monnaie d'une part, et les effets de la distance à la frontière et de l'appartenance à l'ourlet frontalier de l'autre, sur l'internationalisation des porte-monnaie.

Les variations de la part de déviance expliquée par les différents sous-modèles indiquent que l'intensité de l'internationalisation est beaucoup plus sensible à la composition du porte-monnaie et aux effets de diffusion à partir des frontières pour les enquêtes ayant suivi l'introduction de l'euro (juin 2002, septembre 2002 et janvier 2003) que par la suite³. Il semble donc que le bruit lié à l'adaptation des comportements individuels à la monnaie unique ait brouillé les traces de la mobilité internationale laissées par les pièces. Après 6 à 10 ans de mise en circulation, les facteurs décrivant le porte-monnaie et la proximité du lieu de résidence aux frontières expliquent plus de 50% des différences d'intensité de l'internationalisation des porte-monnaie.

L'évolution de la valeur des coefficients liés aux effets du nombre et des valeurs de pièces contenues dans les porte-monnaie au cours des différentes périodes renforce cette hypothèse. Celle-ci pourrait s'expliquer par une utilisation spécifique des pièces euro dans les premiers temps de leur mise en circulation. Cela avait été observé dans le chapitre précédent : au début de période les porte-monnaie comportent plus de pièces, notamment de petites valeurs, mais ces dernières semblent ensuite avoir été utilisées beaucoup moins fréquemment que les pièces à plus forte valeur marchande.

Ces coefficients sont toutefois à interpréter avec précaution en particulier pour les 50 cents, puisque la France a acheté 100 millions de pièces de 50 cents espagnoles lors de la mise en circulation de l'euro afin de compenser ses propres déficits de production. Nous avons choisi de conserver ces pièces dans nos analyses, car nous considérons qu'il était tout aussi artificiel de retirer les pièces de 50 cents espagnoles de nos enquêtes que de les conserver ou de les retirer seulement pour certaines enquêtes. Ceci ne nous a pas paru constituer un biais important.

On note également que l'effet de la distance aux frontières sur les transactions monétaires entre résidents français et étrangers agit plus fortement sur l'intensité de l'internationalisation des porte-monnaie observés dans les premières périodes d'enquêtes que par la suite. Les mobilités infranationales auraient ainsi contribué à créer un brassage interne des pièces étrangères, échangées au cours d'achats transfrontaliers, se diffusant progressivement de proche en proche ou par sauts vers l'ensemble du territoire. Il s'agit d'un

3. Nous avons voulu savoir si cela était dû à l'absence des effets temporels dans les modèles. Nous avons donc intégré l'ensemble des variables du Modèle I à chacun des sous-modèles temporels et comparé les pourcentages de déviance expliquée. L'intégration des effets continus et discrets de la date d'enquête ne permettent de gagner que deux points d'explication dans le cas de l'internationalisation des porte-monnaie de la période 1, et un point pour les périodes suivantes.

résultat commun aux processus de diffusion (Hägerstrand 1952; 1953, Saint-Julien 1985). A titre d'exemple, Buxeda (2005) observe une évolution similaire des gradients de décroissance de la distance au cours du temps (1968-1999) dans le cas du travail frontalier vers l'Allemagne en Alsace.

L'appartenance à un ourlet frontalier a, quant à elle, un effet variable sur l'intensité de l'internationalisation des porte-monnaie. Ces différences sont néanmoins difficiles à interpréter puisqu'elles peuvent être liées au fait que les mois d'enquête ne sont pas les mêmes selon les périodes ou encore au mode de tirage des enquêtés (c.f. chapitre 3). Les individus enquêtés vivant à moins de 50km d'une frontière ont en effet été enquêtés en plus ou moins grand nombre près de frontières, elles-mêmes plus ou moins actives, selon les vagues. On retrouve là l'argument posé en début de chapitre, selon lequel seule une analyse commune aux différentes enquêtes permet de faire ressortir les effets spécifiques des caractéristiques individuelles et territoriales sur l'internationalisation des porte-monnaie.

4.3.2 Spécifications par origines de pièces

La construction de modèles expliquant la présence plus ou moins intense de pièces étrangères dans les porte-monnaie en fonction de leurs origines va permettre d'étudier l'importance des effets structurels et banals du degré d'internationalisation selon les pays. Nous espérons notamment mettre à jour des différences entre régions frontalières. En effet, les régions frontalières françaises sont de différents types. Selon Topaloglou *et al.* (2005), il y aurait ainsi d'une part des régions frontalières très intégrées, à haute performance économique, et présentant de grandes similarités culturelles, et des régions frontalières aux performances économiques plus modestes et au degré d'intégration moins élevé de l'autre. Ces dernières partageraient toutefois des similarités culturelles relativement importantes en comparaison des autres espaces transfrontaliers européens.

Ces différences dépendent en partie, comme le laissaient déjà supposer les différentiels de flux de travailleurs transfrontaliers selon les territoires de destinations (figure 4.5), des métropoles présentes dans les régions transfrontalières (Sohn *et al.* 2009). L'approximation des différentiels de présence de pièces émises par chaque pays voisin ne permet pas de rendre compte des spécificités locales représentées figure 4.7.

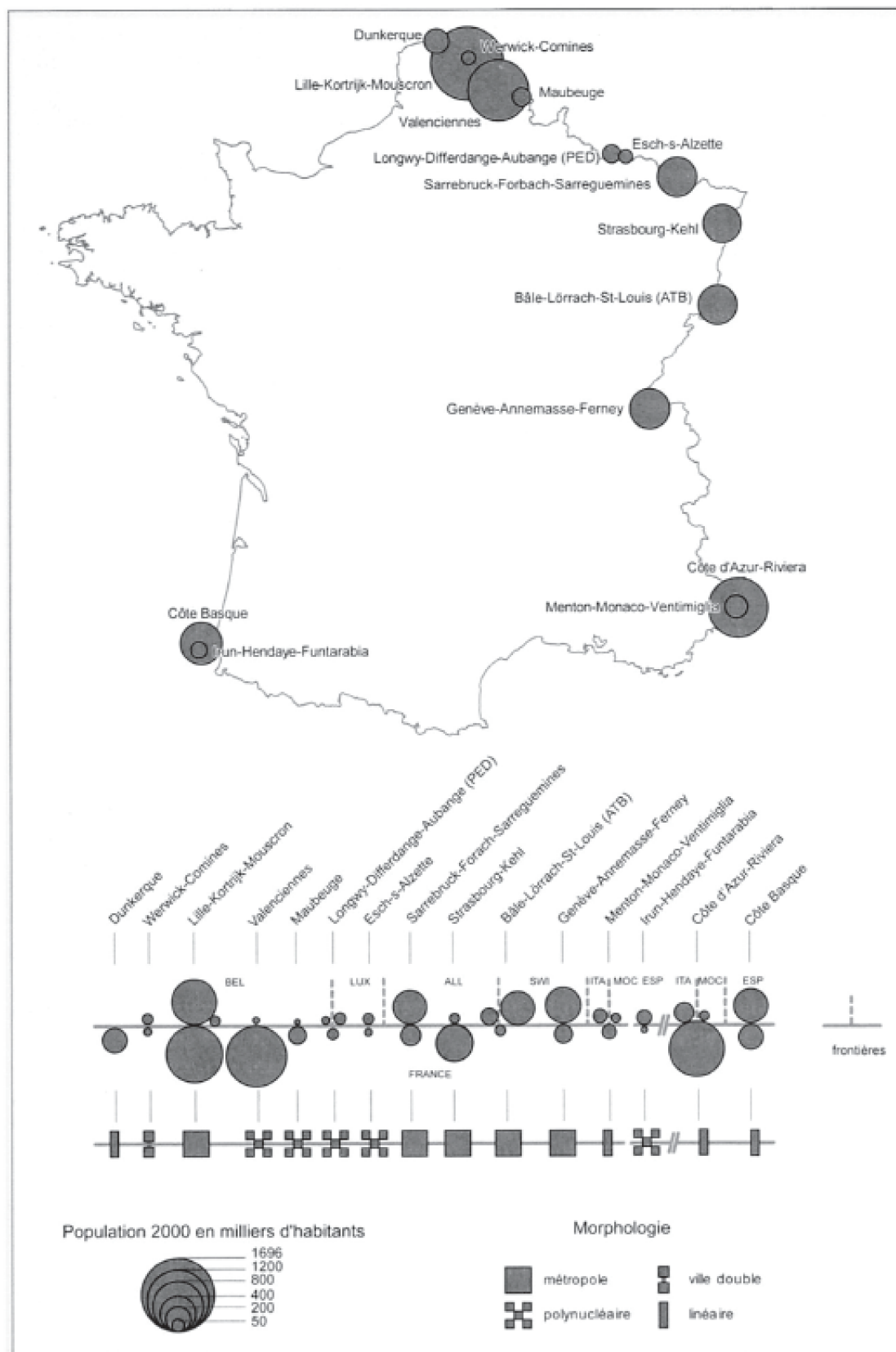


FIGURE 4.7 – Agglomérations transfrontalières « françaises » en 2000 : population totale, population des composantes nationales et morphologie. Source : Reitel, 2007 (page 7)

Elle offre néanmoins une opportunité unique de comparaison des freins de la distance jouant sur les mobilités réalisées entre la France et chacun de ses cinq voisins membres de la zone euro. Elle permet en outre de comparer la portée des différents ourlets frontaliers⁴. Les résultats des différents modèles sont présentés dans le tableau 4.9.

4. La méthode de délimitation de la portée des ourlets frontaliers est la même que celle présentée en seconde partie du chapitre : nous avons sélectionné la classe de distance permettant d'expliquer la part la plus importante de déviance.

Nombre de pièces	étrangères toutes origines (Modèle II)	allemandes	belges	espagnoles	italiennes	luxembourgeoises	non frontalières
log(Taille)	1,06***	1,03***	1,11***	1,05***	1,08***	1,06***	1,04***
% 1 et 2 cents	-0,97***	-0,82***	-0,87***	-0,98***	-1,38***	<i>n.s.</i>	-0,97***
% 5 et 10							
et 20 cents	réf.	réf.	réf.	réf.	réf.	réf.	réf.
% 50 cents et 1 et 2 euros	0,67***	0,83***	0,70***	0,62***	0,52***	0,84***	0,42***
log(Durée)	0,56***	0,67***	0,39***	0,47***	0,69***	0,61***	0,67***
Saison							
Janvier	0,05***	<i>n.s.</i>	0,10**	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	0,16.	<i>n.s.</i>
Jun.	réf.						
Sept.-Oct.	0,08***	<i>n.s.</i>	0,08**	0,13***	0,12***	0,15.	0,15***
Déc.	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	0,11**	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	-0,18*	<i>n.s.</i>
log(Dist. min.)	-0,12***	-0,32***	-0,30***	-0,42***	-0,40***	-1,00***	—
Hors Ourlet	-0,21***	-0,58***	-0,74***	<i>n.s.</i>	-0,76***	-0,58***	—
Ourlet	réf.	réf.	réf.	réf.	réf.	réf.	
Intercept	-3,27***	-3,88***	-3,74***	-2,18***	-4,00***	-2,38***	-6,00***
% de déviance expliquée	46	33	34	29	21	24	18
Portée de l'ourlet (en km)	50	40	50	<i>n.s.</i>	30	50	—
	<i>n</i> = 3128	<i>n</i> = 856	<i>n</i> = 1588	<i>n</i> = 1304	<i>n</i> = 101	<i>n</i> = 287	

Note de lecture : L'analyse des coefficients des modèles de régression de Poisson nous apprend que le fait de résider dans une commune n'appartenant pas à l'ourlet frontalier de l'Italie (d'une portée de 30km) diminue, toutes choses égales par ailleurs, la valeur exponentielle du nombre de pièces italiennes détenues dans un porte-monnaie (-0,76). La probabilité de faire une erreur en considérant l'effet de la variable comme significative est mesurée par la statistique de test de Student et est donnée par : * * * = 0 ; ** = 0,001 ; * = 0,01 ; . = 0,05. Le modèle permet d'expliquer 21% des différences de nombre de pièces italiennes entre porte-monnaie.

Tableau 4.9 – L'internationalisation selon l'origine des pièces (Modèle II). Source : ESDO, enquêtes de juin 2002 à décembre 2011.

Le pouvoir explicatif du modèle diminue lorsque l'on considère séparément les différentes origines de pièces par rapport au Modèle II (tableau 4.9). Il témoigne néanmoins des différentes formes spatio-temporelles de circulation des pièces selon leur pays d'émission. Les effets du porte-monnaie et du moment d'enquête permettent d'expliquer 18% des différences d'intensité de présence des pièces émises par des pays non frontaliers à l'UE dans les porte-monnaie. Le modèle intégrant des variables spatiales renseignant sur la proximité du lieu de résidence aux différents pays émetteurs frontaliers à la France permet quant à lui d'expliquer entre un cinquième (présence des pièces italiennes) et un tiers (présence des pièces allemandes ou belges) de ces différences d'intensité.

Une fois encore la possibilité que ces différences résultent de la procédure d'enquête n'est pas à écarter. En effet, les localisations des personnes enquêtées n'ont pas été les mêmes selon les vagues (cf. la cartographie 3.4 présentée en chapitre 3). Certains espaces frontaliers ont ainsi été plus fréquemment enquêtés en début de période, alors que d'autres l'ont plus été lors des dernières enquêtes. Les différents coefficients présentés dans le tableau 4.9 doivent donc être interprétés avec précaution.

Conformément aux hypothèses probabilistes rappelées en début de chapitre, l'influence de la taille du porte-monnaie sur la présence des pièces étrangères dans les porte-monnaie est stable selon les origines. L'effet de la répartition des différentes valeurs de pièces varie, pour sa part, selon le pays d'émission. Ceci peut s'expliquer par plusieurs facteurs. Tout d'abord, les pays ne produisent pas les mêmes quantités et proportions de pièces selon la valeur. Ensuite, comme nous l'avons illustré dans le chapitre précédent (chapitre 3), les pratiques de paiement varient selon les pays de résidence des individus. Les motifs de déplacement et d'achat risquent également de modifier les stratégies et les modes de paiement des individus. Or, il est probable que ces derniers soient plus ou moins représentés selon les pays de destination (taxation sur les cigarettes et l'alcool, spécialités régionales, etc.).

Si l'on fait le postulat que les petites pièces circulent surtout à l'occasion d'achats quotidiens (pain, journaux, etc.), la variation de leur intensité peut être comprise comme une mesure générale de la porosité des frontières aux mouvements locaux. Ainsi, les valeurs du coefficient relatif aux petites pièces italiennes indiquent une plus grande difficulté de circulation des pièces de 1 et 2 cents italiens en France - relativement aux autres valeurs de pièces produites par ce pays - que pour celles émises en Espagne, et, dans une moindre mesure, en Belgique et en Allemagne.

L'analyse des coefficients de la variable de tendance temporelle au sein des différents modèles explicatifs révèle que la diffusion des pièces espagnoles et belges en France s'est réalisée de façon plus précoce que celle des euros allemands, italiens ou luxembourgeois. Plus exactement, l'accroissement de la part de ces pièces est moins rapide au cours du

temps. Dans le cas espagnol, cela pourrait aisément s'expliquer par le fait que de nombreuses pièces de 50 cents frappées par ce pays aient été achetées par la France (c.f. chapitre 1).

On observe, en outre, que les variations saisonnières ne permettent pas d'expliquer avec le même degré de significativité et la même signification les variations d'intensité de la présence des pièces selon leurs origines. L'intensité de la présence des pièces espagnoles et italiennes augmente significativement après l'été. Un tel résultat peut s'expliquer par l'afflux de touristes de ces deux pays en direction de la France (leur première destination touristique européenne en 2011, par exemple) et inversement. Le surplus de pièces espagnoles et italiennes en France après l'été peut également s'avérer la trace des mobilités de touristes nord-européens à destination de ces deux pays, traversant la France au cours de leurs déplacements. Espagne et Italie ont ainsi capté près d'un tiers des nuitées à l'étranger réalisées par des européens en 2011. L'importance de la France comme pays touristique et comme couloir de circulation pour les européens se rendant chaque été à destination de l'Espagne, et dans une moindre mesure, de l'Italie semble corroborée par la sur-représentation des pièces émises par des pays non frontaliers à la France dans les porte-monnaie enquêtés au cours des mois de septembre 2002, 2003 et 2004.

L'analyse des coefficients liés à la mesure de la distance euclidienne entre lieu de résidence du porteur et frontière du pays émetteur indique que la distance réduit beaucoup plus fortement l'intensité de la présence des pièces étrangères que ne le laissait prévoir le modèle général. La relocalisation des pièces sur le territoire national liées à des mobilités infra-nationales pourrait en effet avoir permis à des zones relativement centrales de jouir d'une présence variée de pièces, plus faible pour chaque origine que dans les espaces frontaliers. Ceci pourrait également s'expliquer par la présence de pièces émises par des pays non-frontaliers à la France dans les porte-monnaie, dont les sur ou sous-représentations seraient liées à des logiques métropolitaines ou à d'autres formes de mise en réseaux telles que le tourisme.

Une autre explication de l'effet dissuasif de la distance sur la diffusion des pièces est liée aux effets de taille. Les travailleurs français qui vont au Luxembourg risquent d'y trouver des pièces allemandes ou belges qu'ils ramènent en France. L'inverse n'est pas vrai. Ces différences ne relèvent toutefois pas de l'attractivité relative des lieux, le Luxembourg étant la première destination des travailleurs frontaliers français (c.f. figure 4.5) et abritant de nombreuses institutions européennes, mais de différentiels de population.

Enfin, on note que la portée spatiale des ourlets frontaliers et leur influence sur l'intensité de la présence des pièces diffèrent grandement selon les origines de pièces observées. Les ourlets frontaliers les plus larges sont ceux situés en bordure de la Belgique et du Luxembourg. Les portées plus faibles des zones frontières italiennes (30 kilomètres) et allemandes

(40 kilomètres) discriminent toutefois plus les porte-monnaie. Aucune des variations de la portée de l'ourlet frontalier espagnol n'a permis d'observer un effet significatif de l'appartenance à ce territoire.

L'attractivité de l'Allemagne et du Luxembourg sur les frontaliers s'étendant sur une portion de l'espace plus large, il semble que celle-ci soit, en moyenne, plus faible. Mais il se pourrait également que les pièces allemandes et luxembourgeoises circulent plus largement par d'autres canaux que celui de la mobilité quotidienne que les pièces belges ou italiennes. Les différentiels de pouvoir explicatif du modèle selon l'origine des pièces pourraient également être dûs au fait que les effets de barrière ne se superposent pas toujours aux frontières étatiques. En Belgique, par exemple, l'effet négatif de la barrière linguistique sur les échanges entre Flamands et Wallons a été démontrée de longue date, qu'elle agisse sur la fréquence des appels téléphoniques (Klaassen *et al.* 1972, Blondel *et al.* 2010), sur les mariages franco-belges (Hamez 2004) ou encore sur l'intensité de la présence de pièces euro émises en France (Berroir *et al.* 2005). Enfin, comme nous l'avons expliqué lors de la présentation de ces sous-modèles spatiaux, ces différences s'expliquent aussi par les particularités des territoires que constituent les ourlets frontaliers (abritant des métropoles plus ou moins importantes, bénéficiant de différentiels plus ou moins attractifs, etc.). L'effet des caractéristiques territoriales sur la présence de pièces étrangères fera l'objet d'une étude détaillée dans le chapitre suivant (chapitre 5).

4.3.3 Applications aux trois indicateurs d'internationalisation

Comme nous l'avons expliqué dans le premier chapitre, le concept d'internationalisation peut être décomposé en plusieurs dimensions complémentaires (voir aussi (Grasland et Le Texier 2013)) : son intensité, sa diversité et sa portée. Nous avons émis l'hypothèse qu'une forte intensité de l'internationalisation des pièces était principalement déterminée par la proximité aux frontières, alors que les indicateurs de diversité et de proximité étaient, eux, le fait de facteurs d'attractivité plus spécifiques, tels que le rayonnement métropolitain et le tourisme. Dans cette sous-partie, nous cherchons à mesurer l'ampleur des effets du porte-monnaie, du moment d'enquête et de la proximité aux frontières sur ces différents indicateurs.

La relation entre nombre de pièces étrangères et nombre total de pièces contenues dans les porte-monnaie n'étant pas linéaire (c.f. le graphique de distribution présenté en annexe B), il nous a paru préférable de travailler à partir d'indicateurs de stocks. La diversité sera mesurée par un indice comptabilisant le nombre d'origines étrangères observées au moins une fois dans le porte-monnaie. Le nombre de kilomètres cumulés par les pièces contenues dans chaque porte-monnaie (distance minimale entre le lieu d'observation de la pièce et

son pays d'émission) servira quant à lui à en confronter les différentes portées.

Le tableau 4.10 récapitule les valeurs centrales et les paramètres de dispersion des trois distributions. L'exceptionnel degré d'internationalisation de certains porte-monnaie doit être relié ici à notre volonté de conserver des porte-monnaie contenant un nombre relativement important de pièces. Pour rappel, ce choix s'explique avant tout par la volonté ne pas réduire la représentativité des enquêtes (c.f. chapitre 3)⁵.

	Min	Max	Moyenne	Ecart-type
Nombre ...				
... de pièces étrangères	0	54	2,38	3,44
... d'origines étrangères	0	11	1,33	1,32
... de kilomètres cumulés	0	56 170	940,10	1705,02

Tableau 4.10 – Récapitulatif des indicateurs d'internationalisation des porte-monnaie

Avant de pousser plus loin nos analyses, nous avons vérifié que chaque indicateur apportait bien une information particulière sur l'internationalisation du porte-monnaie en mesurant les relations entre les trois indicateurs. Les résultats des analyses de corrélation linéaire de Pearson présentés dans le tableau 4.11 nous confirment que l'importance du nombre de pièces étrangères accroît, logiquement, la probabilité de posséder un nombre important d'origines de pièces observées et de kilomètres cumulés (tableau 4.11). Il en va de même pour la relation entre le fait de posséder un grand nombre de kilomètres dans son porte-monnaie et la probabilité qu'il contienne aussi un nombre important d'origines différentes. Ces corrélations n'étant pas parfaites, les différents facteurs pourront apporter une information non redondante sur l'internationalisation des porte-monnaie.

En outre, le pouvoir explicatif du modèle et l'effet des différents facteurs varient de façon importante selon les indices. Alors que la prise en compte des effets du porte-monnaie, du moment d'enquête et de l'éloignement aux frontières explique près de la moitié du nombre de pièces étrangères contenues dans les porte-monnaie, elle ne permet d'expliquer qu'un peu plus du tiers des différences de portée et un peu moins de 30% des écarts de diversité de l'internationalisation (tableau 4.12).

L'analyse des coefficients des trois modèles nous apprend, plus particulièrement, que la diversité des origines de pièces est relativement plus importante pour les petits porte-monnaie (coefficient positif et significatif, mais inférieur à 1) que pour les gros porte-monnaie. Ce résultat peut paraître surprenant puisque, si l'on comprend bien que la probabilité de posséder un nombre important de pièces étrangères ou de kilomètres dans

5. Si nous devions définir un individu type porteur de gros porte-monnaie, il s'agirait d'une personne âgée de 65 ans et plus, de sexe féminin, habitant dans des communes rurales du Sud de la France, que nous aurions enquêtée dans les premiers temps de la diffusion de l'euro.

	Intensité	Diversité	Portée
Intensité	1	—	—
Diversité	+0,71***	1	—
Portée	+0,81***	+0,63***	1

Tableau 4.11 – Hétérogénéité des indicateurs de l'internationalisation des porte-monnaie (test de corrélation de Pearson)

	Intensité (nombre de pièces étrangères : Modèle II)	Diversité (nombre d' origines étrangères différentes)	Portée (nombre de kilomètres cumulés)
log(Taille)	1,06***	0,60***	1,08***
Composition			
% 1 et 2 cents	-0,96***	-0,68***	-1,03***
% 5, 10 et 20 cents	réf.	réf.	réf.
% 50, 100 et 200 cents	0,67***	0,34***	0,71***
log(Durée)	0,55***	0,50***	0,63***
Saison			
<i>Janvier</i>	0,05***	0,05**	0,05***
<i>Jun.</i>	réf.	réf.	réf.
<i>Sept.-Oct.</i>	0,08***	0,08***	0,13***
<i>Déc.</i>	<i>n.s.</i>	0,04**	0,02***
log(Dist. min.)	-0,12***	-0,08***	0,11***
Hors Ourlet	-0,21***	-0,07**	-0,06***
Ourlet	réf.	réf.	réf.
Intercept	-3,26***	-2,55***	1,27***
% de déviance expliquée	45,40	29,10	37,62

Note de lecture : L'analyse des coefficients des modèles de régression de Poisson nous apprend que le fait de résider dans une commune n'appartenant pas à un ourlet frontalier diminue, toutes choses égales par ailleurs, la valeur exponentielle du nombre d'origines de pièces étrangères détenues dans un porte-monnaie (-0,08). La probabilité de faire une erreur en considérant l'effet de la variable comme significative est mesurée par la statistique de test de Student et est donnée par : *** = 0 ; ** = 0,001 ; * = 0,01 ; . = 0,05. Le modèle permet d'expliquer 29% des différences de diversité de l'internationalisation des porte-monnaie.

Tableau 4.12 – Confrontation du Modèle II aux différents indicateurs d'internationalisation (n=21716). Source : ESDO, enquêtes de juin à décembre 2011.

son porte-monnaie dépend, de façon quasi linéaire, de la taille de ce dernier, on aurait pu attendre un comportement similaire de l'indice de diversité. En réalité, l'augmentation de la probabilité de tirer une nouvelle origine de pièce décroît à mesure que l'on tire de nouvelles pièces du porte-monnaie.

Les différences entre les porte-monnaie contenant une part importante de petites, de

moyennes ou de grosses pièces jouent quant à elles un rôle similaire (en termes de tendance) sur les valeurs des trois indicateurs d'internationalisation. D'une manière générale, le fait qu'un porte-monnaie contienne une part relativement importante de pièces de 1 et 2 cents décroît le degré de son internationalisation. A l'inverse, cette dernière est accrue par une proportion plus importante de pièces de 50 cents, 1 ou 2 euros. Ces résultats viennent, une fois encore, confirmer l'importance d'une prise en compte de la valeur des pièces dans l'estimation de l'internationalisation d'un porte-monnaie.

D'autre part, l'accroissement du nombre de pièces étrangères, de leurs origines et des distances cumulées dans les porte-monnaie au cours du temps indique que les pièces ont tendance à venir de plus en plus massivement de pays variés et éloignés du lieu de résidence du porteur.

Les indicateurs de diversité et de portée de l'internationalisation semblent de plus bien adaptés à la détection des mobilités ou attractivités touristiques. En effet, ils augmentent après les vacances d'été et les fêtes de fin d'année. Les mobilités touristiques semblent donc produire des vagues de pièces étrangères émises par des pays variés et éloignés des zones de villégiature. Les vagues de pièces étrangères pourraient aussi résulter des voyages de résidents français dans un autre pays européen, ou bien dans une région française qui serait également attractive pour les touristes étrangers.

L'écart entre les valeurs des coefficients des mois de septembre-octobre et de janvier est moins élevé pour l'indicateur de diversité que pour celui de portée. Plusieurs interprétations peuvent être esquissées. Tout d'abord, il est possible que cet indicateur soit moins sensible aux variations saisonnières, et dépendent plus de mobilités mensuelles de type « voyage d'affaires » ou « colloque international ». Il se pourrait également que l'augmentation de la diversité des origines des pièces étrangères observées en décembre soit liée à des fréquentations touristiques de faibles portées liées, par exemple, aux marchés et achats de Noël, aux déplacements pour les fêtes, etc.

D'autre part, l'effet de l'éloignement à une frontière d'un pays de l'UEM augmente mécaniquement la portée de l'internationalisation des porte-monnaie : une pièce émise en Allemagne nécessitera une énergie (mesurée ici en kilomètres) plus grande pour être déplacée en Bretagne qu'en Alsace. A l'inverse, l'éloignement des frontières décroît la probabilité que le porte-monnaie soit intensément et diversement internationalisé. Nous ne reviendrons pas ici sur le lien entre intensité de l'internationalisation et proximité des foyers émetteurs. Celui-ci a été discuté dans la seconde partie du chapitre.

Enfin, les porte-monnaie les plus internationalisés tendent à se situer au sein des ourlets frontaliers, et ce quelle que soit l'entrée conceptuelle choisie pour définir l'internationalisation : intensité, diversité ou portée. Les espaces situés aux frontières du territoire français

ressortent donc bien comme des espaces transfrontaliers, où la frontière est vécue comme une limite poreuse permettant des mobilités et des échanges sur de courtes distances, et autorisant par-là même la diffusion des pièces de part et d'autre (de Ruffray *et al.* 2008).

Conclusion du chapitre

Ce chapitre a en premier lieu permis de mettre en évidence les principaux facteurs d'internationalisation des porte-monnaie liés aux effets mécaniques de leurs tailles et de la durée de mise en circulation des euros. L'impact relatif de cette dernière variable diffère néanmoins selon l'origine géographique des pièces observées, les pièces belges et espagnoles entrant de façon plus constante sur le territoire de la France métropolitaine.

L'influence de la proximité à une frontière d'un pays de la zone euro a été confirmée, bien que cette dernière joue un rôle relativement mineur dans l'estimation de l'intensité, de la diversité ou encore de la portée de l'internationalisation des porte-monnaie (figure 4.8).

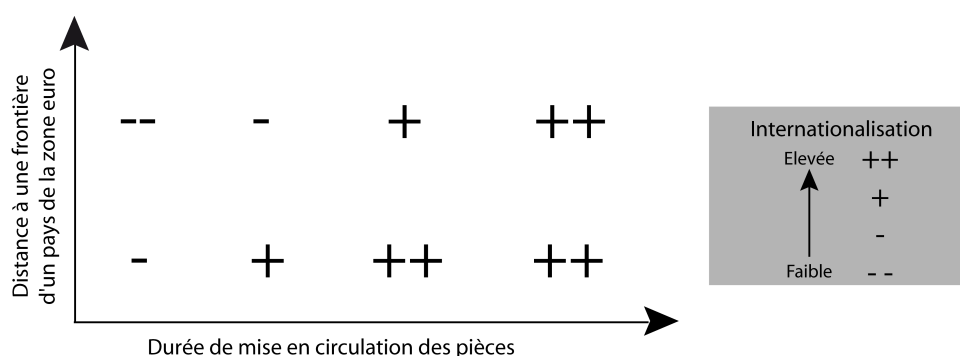


FIGURE 4.8 – La diffusion des pièces étrangères dans l'espace et dans le temps.

Le modèle d'interaction spatio-temporelle défini dans ce chapitre explique mieux le nombre de pièces étrangères présentes en un point donné que la variété de leurs origines et que le nombre de kilomètres cumulés traduisant le mouvement des pièces. Au regard des variations quasi continues de l'objet d'étude et d'une certaine dose de hasard amenant à sa formation, nous considérons toutefois ces résultats comme encourageants.

Les indicateurs proposés témoignent de logiques spatiales et temporelles spécifiques. Nous montrerons dans le chapitre suivant qu'une partie des différences d'internationalisation non expliquées est en effet liée à la localisation des porteurs et à leurs caractéristiques socio-démographiques, et que l'importance de ces différents effets varient selon la dimension prise en compte par les indicateurs.

CHAPITRE 5

Modélisation des effets territoriaux et sociaux sur l'internationalisation des porte-monnaie

Toute cité, aussi petite soit-elle, est en fait divisée en deux, l'une étant la cité des pauvres, l'autre celle des riches : elles sont en guerre l'une contre l'autre, et dans chacune d'elles existent maintes divisions plus petites, et vous seriez complètement à côté de la question si vous les traitiez toutes comme un seul État.

Platon, République IV

Introduction du chapitre

Nous avons montré dans le chapitre précédent que la présence d'euros étrangers dans les porte-monnaie s'explique en grande partie par des facteurs mécaniques (contenu du porte-monnaie et date des enquêtes) et par l'effet banal de la proximité à une frontière d'un pays de la zone euro. Indépendamment de ces effets, l'internationalisation des porte-monnaie est également déterminée par des effets territoriaux (Berroir *et al.* 2005) et sociaux (Grasland 2009) et par leurs nombreuses interactions (Grasland *et al.* 2005b). L'observation de la répartition des euros étrangers en France semble notamment témoigner de la présence de portes d'entrée et de couloirs de circulation internationaux par lesquels transiteraient les pièces ne provenant pas de mouvements de proche en proche.

Dans ce chapitre, nous tenterons de caractériser des territoires plus particulièrement attractifs à l'échelle internationale, à travers une approche systémique et généralisante qui

visé à distinguer les mises en relations « banales » liées à la proximité entre territoires, de liens plus spécifiques liés aux caractéristiques des territoires.

Dans le chapitre 1, nous avons défini trois types de mobilité. Nous avons fait l'hypothèse que chacune d'elle jouait un rôle important dans la circulation des euros : les mobilités quotidiennes qui correspondent aux trajets domicile-travail ou à des achats transfrontaliers ; les mobilités mensuelles, qu'incarnent les voyages d'affaires internationaux ou, plus généralement, les mobilités des élites internationales ; et enfin, les mobilités touristiques, d'une fréquence annuelle ou biannuelle. Les flux de pièces entrant ainsi sur le territoire sont ensuite redistribués dans l'espace par les mobilités quotidiennes des individus.

S'agissant d'un processus de diffusion par relocalisation, il se pourrait donc que les lieux qui apparaissent les plus internationalisés reçoivent la majorité de leurs pièces d'un autre territoire français. Une commune rurale localisée à proximité d'une ville figurant au sommet de la hiérarchie urbaine pourrait ainsi apparaître internationalisée grâce à ses relations avec ce pôle d'attractivité internationale, alors qu'aucun résident étranger ne l'aurait visitée et que ses habitants n'auraient pas voyagé en dehors d'un espace régional. Dans une logique proche, des personnes résidant près d'une grande infrastructure de transports (aéroport, gare TGV, aire d'autoroute) pourront avoir des porte-monnaie très internationalisés, alors qu'ils n'auront pas interagi directement avec ces visiteurs étrangers. Il semble également important de remarquer que, si ces derniers entrent sur le territoire par une porte d'entrée particulière, cela ne signifie pas pour autant que celle-ci corresponde à la destination finale des passagers. Il paraît donc important de tenir compte de l'espace de desserte de chaque porte d'entrée internationale.

Une fois ces espaces circonscrits, il s'agit de tenir compte de leurs variations internes, liées au fait que les individus ont des espaces de mobilité plus ou moins contraints. En effet, la pratique répétée de chemins de mobilité, particuliers à un groupe, risque d'interférer avec le degré d'exogamie de leurs interactions sociales et d'ouverture de leurs espaces de sociabilité. Au sein d'une métropole internationalisée, il est ainsi probable que nous observions des variations importantes de l'internationalisation des porte-monnaie selon les catégories sociales et professionnelles de population et les différents quartiers.

La première partie de ce chapitre a pour objectif de rendre compte des facteurs territoriaux et socio-démographiques reconnus dans la littérature comme étant des marqueurs d'internationalisation des territoires et des individus qui les composent. La seconde partie du chapitre cherchera à mesurer la validité de l'hypothèse d'un effet de la localisation et des caractéristiques individuelles sur l'intensité, la diversité et la portée de l'internationalisation des porte-monnaie. Une analyse à une plus grande échelle, celle du Luxembourg, sera présentée en troisième partie. Elle visera d'une part à comprendre les différences locales d'internationalisation, et d'autre part à offrir une première généralisation des conclusions

apportées par l'étude du territoire français.

5.1 Les effets attendus des appartenances territoriales et sociales sur l'internationalisation des porte-monnaie

Selon Castells (1996), l'internationalisation des territoires dépend de relations établies en fonction d'au moins trois vecteurs :

- les infrastructures de transports et de communications majeures qui assurent la mise en liens des individus et des territoires au sein du système global,
- les activités et fonctions exercées au sein des territoires qui leur offrent une intégration plus ou moins forte et/ou spécialisée au sein de réseaux internationaux,
- les individus à fort capital de mobilité par lesquels les échanges internationaux se réalisent.

Dans les sous-parties qui suivent, nous détaillerons ces trois hypothèses, auxquelles nous ajouterons celle d'interactions entre les effets des territoires et des porteurs qui nous permettront de capturer les différences locales d'internationalisation des porte-monnaie.

5.1.1 Infrastructures de transport et de communication

Les grandes infrastructures de transport et de communication sont les principaux moteurs des échanges entre zones géographiques, supportant les flux de personnes, de biens, d'information et de services (Choi *et al.* 2006). Aussi, plus un territoire offre une forte capacité de mise en réseau, plus il permet des pratiques territoriales et des sociabilités à longue distance (Hilal et Sencébé 2003). L'étude des infrastructures de transport permet ainsi de s'affranchir d'une vision statique et normative de la mondialisation (Cattan 2004).

Parmi l'ensemble des modes de déplacements internationaux, l'avion, devenu le mode de transport le plus prisé par les classes aisées transnationales, mais aussi pour les migrations touristiques ou le transport d'objets de grandes valeurs, offre une trace des grands réseaux de relations internationales, de leurs évolutions et de leurs structurations en termes de hiérarchies et de réticularité (Keeling 1995, Taylor 2004). Le trafic aérien est un indicateur d'autant plus pertinent du caractère international des villes, qu'il s'ajuste rapidement à la demande de mise en relation à la différence du transport ferré à grande vitesse (Cattan 1995b), par exemple.

Les logiques de mise en réseau des compagnies aériennes et des aéroports divergent selon que ces derniers abritent des compagnies aériennes régulières, lesquelles privilégient la logique du *hub and spoke*, ou des compagnies *low cost*¹ qui optent plus généralement pour des réseaux linéaires *point-to-point* relativement peu dispersés (Graham et Shaw 2008). Dobruszkes (2006) a ainsi montré que la distance moyenne parcourue par les avions appartenant à une compagnie à bas prix en Europe était, dans 70% des cas, d'une portée inférieure à 1000km. En outre, ces compagnies ne proposent pas de connections intercontinentales et utilisent souvent des aéroports plus périphériques (en termes de localisation géographique et de nombre de passagers) qui servent de desserte à des destinations touristiques parfois éloignées comme l'illustre par exemple le cas des aéroports de Bruxelles Charleroi (à quarante-cinq minutes de Bruxelles), de Paris Beauvais Tillé (à une heure et quart de Paris), ou de Londres Luton (à une heure de Londres).

L'accroissement de la connectivité du réseau ferré à grande vitesse, du fait de la mise en lien graduelle des réseaux nationaux, a permis aux principaux pôles urbains de la mégalopole européenne d'être reliés entre eux par une distance temps inférieure à quatre heures. Cette distance correspondrait au maximum acceptable pour les voyageurs désirant réaliser un déplacement professionnel d'une journée, bien qu'il soit reconnu qu'au-delà de trois heures, ces derniers aient tendance à préférer l'avion (Vickerman *et al.* 1999). Selon un rapport de la compagnie Thalys, qui relie Paris à Bruxelles, Amsterdam et Francfort, 48% des 6,7 millions d'usagers de l'année 2011 étaient ainsi des voyageurs d'affaires. La comparaison avec la part prise par les voyages d'affaires dans le trafic aérien mondial - de 15% d'après l'organisation mondiale du tourisme (Organisation mondiale du tourisme 2013) - illustre l'importance relative de ce mode de transport.

La littérature géographique s'est également intéressée aux réseaux supports formés par les infrastructures de télécommunication, le réseau Internet ayant même été comparé par Choi *et al.* (2006) aux réseaux ferrés ou maritimes au temps de l'ère industrielle, puisqu'il permet de transporter les produits de l'ère de l'économie digitale tels que l'information, la connaissance ou la communication. La connectivité au réseau Internet permettrait ainsi de rendre compte des interconnections plus ou moins fortes entre villes, et, *de facto*, de leur intégration au système mondial. Les noeuds les plus connectés du réseau bénéficient, à titre d'exemple, d'une plus grande attractivité auprès des entreprises, puisqu'ils leur permettent de distribuer une plus grande quantité d'information.

Les interconnections entre villes révélées par les réseaux de télécommunication reflètent la topologie des réseaux aériens, les grands pôles aériens offrant des avantages de coût financier et de temps de trajet en proposant un plus grand nombre de vols et de destinations, et

1. Les compagnies *low cost* sont des compagnies qui proposent des prix concurrentiels du fait d'une politique de réduction ou d'une marchandisation des services annexes.

sont ainsi privilégiés dans les stratégies de localisation des grandes firmes internationales (Graham 1999).

5.1.2 Intégration à l'économie mondiale

Depuis les travaux de Sassen (1991), les villes globales sont définies comme des noeuds stratégiques de l'économie de l'information et de la communication, dont la hiérarchie est renforcée par les activités des firmes globales de services avancés qu'elles accueillent. Castells (1996) explique d'ailleurs que les villes mondiales sont plus que le lieu de la production et de la consommation de services rares ou avancés, car elles produisent des infrastructures qui permettent à ces entreprises de se connecter et d'échanger entre elles.

De nombreuses études ont ainsi cherché à déterminer le caractère « international » des villes (Brunet 1989, Vandermotten 2002, Cicille et Rozenblat 2003, Halbert *et al.* 2012). Les critères d'attractivité retenus dans les études les plus récentes s'axent principalement sur le rayonnement culturel et universitaire, les fonctions économiques « créatrices de valeur » comme la finance, la recherche, les grands groupes, ou encore les foires. Les domaines clefs définis dans le 'GaWC inventory' (Beaverstock *et al.* 2000) reflètent bien cet ancrage théorique et empirique. Les villes y sont classées en fonction de la présence de services comptables, publicitaires, financiers et juridiques. Aussi est-il largement admis que le degré d'intégration des villes au système global s'observerait également par les réseaux d'entreprises qu'elles accueillent (Rozenblat 2004).

Mais les villes internationales ne sont pas toujours des capitales politiques ou économiques, la « société en réseaux » générant des flux aux motifs multiples se réalisant à des échelles diverses (Taylor *et al.* 2001). Des villes intermédiaires peuvent se distinguer de villes de poids économique ou démographique identique par l'accueil de manifestations culturelles internationales, l'attraction de populations étrangères, la concentration de pouvoirs de négociation politique ou de régulation financière, la production de services scientifiques et technologiques (Bonneville *et al.* 1996), etc. Rota (2007) a ainsi montré que les réseaux de chercheurs établis entre des villes n'étant pas des capitales nationales étaient plus dynamiques que ceux formés par ces dernières.

De plus, bien que le tourisme urbain représente la part la plus importante des destinations touristiques depuis de nombreuses années (Edwards *et al.* 2008), l'attractivité touristique des territoires ne suit pas les logiques d'agglomérations de capital économique et humain, comme l'illustrent les deux campagnes publicitaires présentées figure 5.1. Les destinations estivales privilégiées par le tourisme international de masse sont en effet plus généralement des espaces à faible densité de population présentant des caractéristiques paysagères et météorologiques attractives pour le plus grand nombre (Williams et Hall 2000).



FIGURE 5.1 – Illustration de l'antagonisme des messages publicitaires visant l'attractivité métropolitaine ou touristique des territoires.

5.1.3 Mobiles et hyper-mobiles de l'international

Les systèmes territoriaux dessinés par les réseaux internationaux se créent puis se perpétuent par le biais de mobilités de personnes, de biens, de services, de capitaux, etc. Dans le cas de la circulation des pièces euro, nous avons postulé que le facteur principal de mouvement des pièces étaient les mobilités individuelles. Observées au travers du prisme de groupes d'individus partageant des pratiques de mobilités communes, les « communautés mobiles » (Le Breton 2006) rendent compte d'une forte hétérogénéité dans les pratiques territoriales.

La mobilité est en effet très discriminante, puisque certains groupes sociaux se déplacent très peu, et dans des espaces peu variés ou proches. Pour G. Pinson², il n'est donc pas pertinent de parler d'une France hypermobile ou de réseaux de villes ultra connectées, puisqu'une grande partie de la population vivant dans ces territoires internationalisés a des pratiques de mobilité qui se limitent à la commune ou à l'agglomération.

Selon Castells (1996), le premier niveau de l'espace mondial des flux est ainsi caractérisé par l'organisation spatiale des élites dominantes (car jouissant d'un pouvoir économique ou décisionnel). Les voyageurs d'affaires internationaux se distinguent ainsi du reste de la population active par la régularité des déplacements qu'ils effectuent à l'étranger pour des motifs professionnels, ceux-ci pouvant se réaliser à une fréquence de plusieurs déplacements par mois (Chevrier et Sauvage 2006). Par ailleurs, la fréquence et la portée des voyages d'affaires ne sont pas identiques selon le statut professionnel des travailleurs (Aguilera 2008), selon le revenu (Mallett 2001) ou encore selon le genre (Berroir *et al.* 2004, Aguilera 2008). Les caractéristiques individuelles et familiales des individus jouent également sur

2. Gilles Pinson, « La métropolisation de la France : entre hypermobilité et fragmentation », *Planète Terre*, émission radiophonique du 28 mars 2012 présentée par Sylvain Kahn sur France culture, 29 minutes.

leurs mobilités touristiques, tant au niveau des contraintes que des goûts (Berroir *et al.* 2011).

Cependant, pour Chevrier et Sauvage (2006), le nombre de kilomètres parcourus et le nombre de déplacements réalisés ne sauraient permettre de caractériser entièrement les individus hypermobiles. En effet, ces auteurs considèrent que les définitions des cadres internationaux devraient inclure des considérations plus subjectives, telles que leur rapport particulier à l'altérité, par exemple. Une telle réflexion rejoint l'analyse faite par Cauvin (1999), qui prône l'étude des représentations cognitives dans la saisie des espaces de vie. Nous ne serons hélas pas en mesure de travailler sur ces questions et devons nous cantonner à des indicateurs objectifs de repérage de ces professionnels de l'hypermobilité à l'étranger, à travers la détection de la sur-internationalisation de leurs porte-monnaie.

La localisation des individus influence également leurs pratiques touristiques, puisque les espaces de résidence n'offrent ni les mêmes capacités de déplacement, ni le même pouvoir d'achat. Les résultats pour l'année 2011 de l'enquête sur le Suivi de la demande touristique des Français (SDT), de la Direction générale de la compétitivité, de l'industrie et des services (DGCIS), ont ainsi montré que les Franciliens étaient à l'origine d'un tiers des voyages à l'étranger alors qu'ils ne représentent qu'un cinquième de la population française. On peut donc s'attendre à ce que cela provoque un pic local d'internationalisation à Paris et dans ses alentours.

5.1.4 Segmentations socio-spatiales

La mobilité géographique est donc un « opérateur de différenciation sociale » (Hilal et Sencébé 2003), qui s'exprime par un rapport individualisé au territoire. En fonction de leurs appartenances sociales, économiques et démographiques, les individus vont effectivement fréquenter des espaces différenciés, participant à une fragmentation plus ou moins nette des territoires (Orfeuil 2010). Nous l'avons mentionné, plus les individus appartiennent à un milieu social aisé, plus les destinations de leurs déplacements professionnels ou de loisirs vont être variées. À l'inverse, les contraintes économiques, temporelles, sociales, ou encore techniques qui pèsent sur les classes les plus précaires cantonnent souvent leurs mobilités quotidiennes à des déplacements entre lieu de travail et lieu de résidence (Hilal et Sencébé 2003).

L'enquête menée par Hilal et Sencébé (2003) sur les migrations alternantes dans l'agglomération dijonnaise leur a ainsi permis de mettre à jour « l'influence de la division fonctionnelle des lieux et de la logique ségrégative urbaine sur le mode de vie et les cheminement résidentiels des classes moyennes et populaires », et plus particulièrement pour celles vivant en milieu périurbain.

D'autre part, les « élites transnationales » de travailleurs expatriés ne fréquentent que certaines parties de la ville globale dans laquelle elles résident et ne se mélangent pas aux autochtones, à l'exception des personnes « éduquées/formées à l'occidentale » (Beaverstock 2002) .

Comme nous l'avons mentionné dans le chapitre introductif, des inégalités individuelles, que Kaufmann (2002) a regroupé sous le terme de « motilité », viennent s'ajouter aux inégalités collectives. Nos capacités physiques, nos connaissances des lieux, et, d'une manière générale, nos parcours de vie, ne nous permettent pas de bénéficier des mêmes facilités de déplacement et donc des mêmes opportunités de nouer des relations sociales avec des personnes distantes.

Si l'on ajoute à cela le fait que, selon les activités exercées et la manière dont elles se succèdent, les individus vont fréquenter des lieux particuliers, plus ou moins appropriés à l'exercice de ces activités, on comprend alors que les pratiques spatiales des individus définissent des espaces vécus de plus en plus variés et distincts des territoires de l'action publique (Pumain *et al.* 1999).

En somme, les échelles fonctionnelles permettant de décrire l'attractivité internationale des territoires doivent être adaptées aux motifs de mobilité et analysées au prisme des différences socio-démographiques et socio-économiques des individus.

5.2 Modélisation des inégalités socio-territoriales d'internationalisation en France (juin 2002 - décembre 2011)

L'ensemble des hypothèses soulevées par la littérature ne peut cependant pas être intégré à notre modèle explicatif. L'objectif suivi dans cette seconde partie de la thèse est de mettre à jour des faits stylisés de l'internationalisation des territoires. Notre volonté n'est donc pas de rendre compte de l'ensemble des facteurs d'attraction et d'émission de la mobilité internationale, mais bien de ceux que nous observons de façon répétée à travers, par exemple, les territoires métropolitains ou touristiques.

Afin de faciliter le travail de restitution du système complexe formé par l'ensemble des mobilités individuelles, et dont rendent compte les répartitions monétaires à diverses échelles, nous allons sélectionner les variables explicatives les plus pertinentes (Banos et Sanders 2012). Par cette réduction du nombre de variables, nous cherchons également à réduire les risques de colinéarité entre estimateurs. A titre d'exemple, en France, les régions les plus accessibles par avion sont également les plus accessibles par train. L'utilisation conjointe

de ces deux variables dans l'explication des différentiels d'internationalisation des porte-monnaie risquerait de biaiser les estimations du modèle et de compliquer l'interprétation des résultats (Foucart 2006). Autre illustration d'une colinéarité attendue, les personnes bénéficiant des revenus les plus élevés sont également, le plus souvent, des personnes possédant un haut niveau de diplôme (Goux et Maurin 1994).

5.2.1 Caractérisation des variations territoriales de l'internationalisation des porte-monnaie

Cartographie des résidus du Modèle II (effets mécaniques et banals de l'internationalisation des porte-monnaie)

Dans le but de guider au mieux le choix des facteurs explicatifs, nous nous aiderons d'une analyse visuelle des résidus du modèle développé dans le chapitre précédent, que nous appliquerons aux trois facteurs d'internationalisation. Rappelons que le Modèle II, défini à l'échelle des porteurs, prend la forme suivante :

$$\begin{aligned} Internationalisation(Int, Div, Por) = & \exp[\alpha + \beta_1[\log(Taille)] \\ & + \beta_2(\%petites) + \beta_3(\%grandes) \\ & + \beta_4[\log(Durée)] + \beta_5(Saison) \\ & + \beta_6[\log(Dist.min)] + \beta_7(Ourlet)] \end{aligned}$$

Pour chaque individu, nous disposons de la valeur de l'écart entre l'estimation du degré d'internationalisation de son porte-monnaie par chacun des trois modèles et les valeurs observées. A partir de la mesure de la différence entre valeurs observées et estimées, nous avons classé les individus en trois groupes selon le contenu de leur porte-monnaie afin de distinguer les 20% les plus sur-internationalisés (résidus positifs), les 20% les plus sous-internationalisés (résidus négatifs), et les 60 % restant correspondant au modèle.

Nous avons ensuite réalisé une analyse spatiale de la distribution de ces modalités en calculant à l'échelle des pixels (1km²) la part d'individus sur-internationalisés parmi les voisins (les 100 plus proches), d'une part, et la part des individus les plus sous-internationalisés, de l'autre. Pour chaque point du territoire français, nous avons donc obtenu une fréquence d'individus les plus sur et sous internationalisés, nous permettant d'en localiser les prin-

cipaux agrégats³ (cartographies présentées figure 5.2). Nous avons choisi d'ajouter deux variables illustratrices à ces cartes, afin de nous aider dans l'interprétation de la distribution spatiale des résidus. La première correspond aux villes françaises de plus de 50 000 habitants⁴, et la seconde aux axes routiers et autoroutiers qualifiés d'« européens »⁵.

3. Si la distribution était spatialement aléatoire, on trouverait régulièrement dans les 100 plus proches voisins d'un pixel une fréquence de 20% d'individus sur-internationalisés et 20% d'individus sous-internationalisés.

4. Populations déterminées à partir de la base GEOFLA de l'IGN donnant les chiffres du recensement de 1999.

5. Base de données Routes 500 de l'IGN. Toutes les analyses et cartographies ont été réalisées grâce aux outils proposés par le logiciel Arc-GIS.

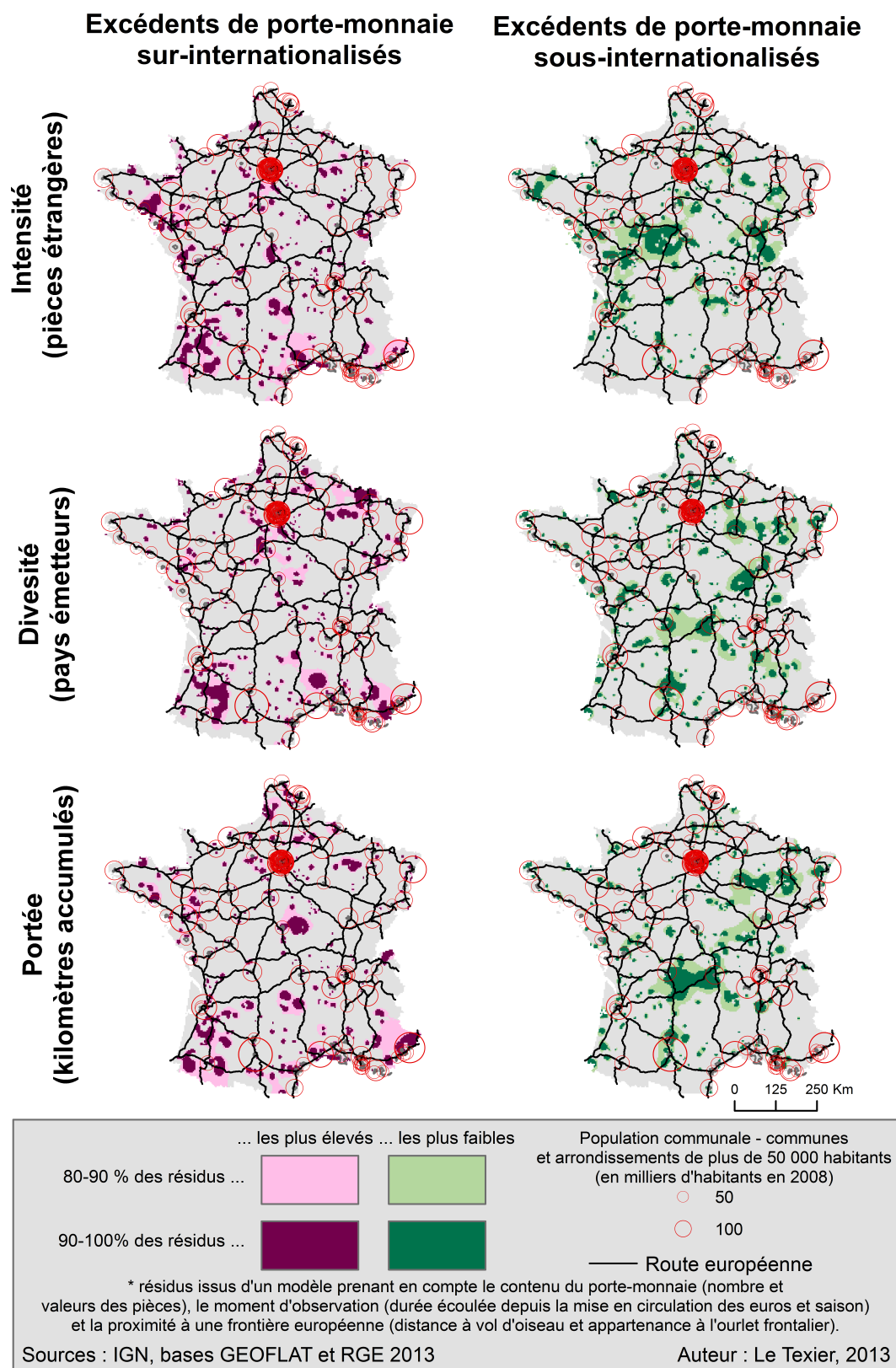


FIGURE 5.2 – Distribution spatiale des porte-monnaie sur- et sous-internationalisés en France (juin 2002 - décembre 2011).

La comparaison de la localisation des espaces où les porte-monnaie sont plus fréquemment sur-internationalisés au regard des trois critères d'internationalisation des porte-monnaie, une fois les effets du contenu du porte-monnaie, du moment d'enquête et de la proximité aux frontières pris en compte, fait principalement ressortir la côte atlantique (et notamment les Landes) et la côte méditerranéenne.

La proximité d'une route européenne ne semble pas intervenir clairement dans le degré d'internationalisation des porte-monnaie. N'étant toutefois pas en mesure d'affirmer que la sur-internationalisation des porte-monnaie dans le sud du pays n'est pas le fait de la fréquentation autoroutière par des transporteurs allant et venant du nord de l'Europe vers l'Italie et l'Espagne, nous testerons malgré tout l'impact de cette variable dans la suite de nos analyses.

L'effet métropolitain semble quant-à-lui impossible à capter par l'approche modélisatrice entreprise dans cette partie de la thèse. Celle-ci suppose en effet une corrélation entre la hiérarchie urbaine et le degré d'internationalisation des résidents enquêtés. Or, les grands centres urbains abritent fréquemment à la fois les porte-monnaie les plus sur et les plus sous-internationalisés (par exemple Nantes), d'autres, comme Bordeaux, Toulouse ou Strasbourg, voient la diversité et la portée de l'internationalisation des porte-monnaie sur-estimées par le modèle. Plus nombreuses encore sont les villes pour lesquelles on observe un comportement relativement moyen : Lyon, Rennes, ou encore Lille sont des villes où ne s'observent ni un excédent de porte-monnaie sur-internationalisés, ni un excédent de porte-monnaie sous-internationalisés. La « Diagonale du vide »⁶ ressort toutefois très nettement sur les trois cartographies comme un espace sous-internationalisé.

L'interprétation visuelle du lissage des résultats du modèle est toutefois gênée par le fait que les agrégats les plus vastes correspondent à des zones où la densité d'enquêtés est plus faible (cf. la cartographie présentée en annexe D). Nous avons donc cherché à observer plus en détails ces comportements dans des espaces où le nombre de porte-monnaie observés était assez élevé pour nous permettre de relever des différences locales, difficilement perceptibles à petite échelle. Nous avons choisi de cadrer l'objectif de la cartographie sur l'Île de France (cartographies présentées figure 5.3), pour laquelle la cartographie lissée des résidus des modèles n'était pas lisible du fait des nombreuses communes de plus de 50 000 habitants localisées dans la région.

6. Espace de faible densité traversant la France du Sud-Ouest (Landes) au Nord-Est (Ardennes).

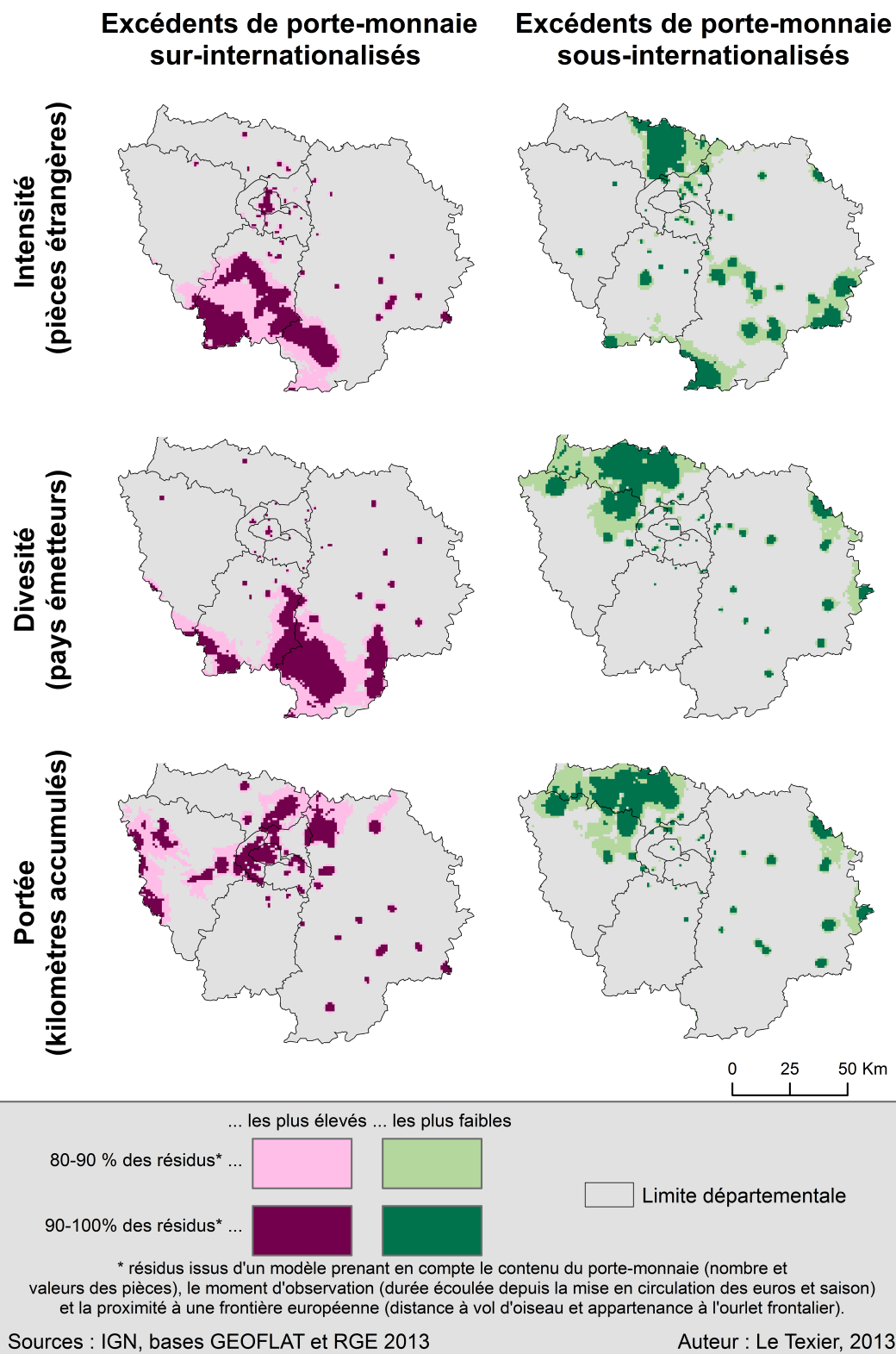


FIGURE 5.3 – Distribution spatiale des porte-monnaie sur- et sous-internationalisés en Ile-de-France (juin 2002 - décembre 2011).

Le zoom réalisé sur l’Ile-de-France fait ressortir la même difficulté d’interprétation visuelle que celle observée à l’échelle de la métropole : il existe une forte correspondance entre les agrégats spatiaux excédentaires en porte-monnaie sur- et sous-internationalisés. Il est cependant intéressant de noter l’opposition entre le nord-ouest et le sud de la grande couronne parisienne, avec un Sud abritant plus fréquemment des porte-monnaie sur-internationalisés, et un Nord-Ouest abritant, à l’inverse, des porte-monnaie plus fréquemment sous-internationalisés. On observe en outre des poches de porte-monnaie sous-internationalisés autour des communes pauvres de l’extrême est de la Seine-et-Marne (cf. la typologie réalisée par Antonin Pavard et présentée dans un article de (Fleury *et al.* 2012) représentée en annexes D).

A l’échelle de la petite couronne, on remarque une tendance à un degré d’internationalisation des porte-monnaie plus important dans les arrondissements situés au centre de Paris. Les indices les plus faibles sont, quant-à-eux, observées plus fréquemment en Seine-Saint-Denis. L’indicateur de diversité ne rend pas compte d’une structuration spatiale forte des résidus au sein des départements du centre de l’Ile-de-France. Les excédents d’origines de pièces étrangères sont en effet plus ponctuels, et localisés dans les arrondissements centraux de Paris et en bordure des Hauts-de-Seine, non loin du centre économique de la Défense.

La localisation des résidus positifs de l’estimation de la portée de l’internationalisation offre une image différente des deux autres indices. Ces derniers se retrouvent principalement dans les départements de Paris et des Hauts-de-Seine. Cela pourrait être lié à un effet « centre d’affaires », celui-ci s’étendant de la Défense au quartier de l’Opéra à Paris. On observe également un espace fortement internationalisé en termes de portée dans les départements du Val-d’Oise et de Seine-et-Marne aux abords de l’aéroport Roissy-Charles de Gaulle. Cette poche de forte portée de l’internationalisation s’arrête aux limites du département de la Seine-Saint-Denis.

On retrouve donc, dans une certaine mesure, les structures des inégalités socio-spatiales en Ile-de-France et des contrastes dans les zonages d’activités au contenu international plus ou moins élevé (annexes D). Il est ainsi probable que les différentiels locaux de l’internationalisation des porte-monnaie, à supposer qu’ils existent, sont un mélange d’effets spatiaux (proximité d’un aéroport, d’un quartier d’affaires) et sociaux (localisation résidentielle des mobiles et non-mobiles).

Intégration des effets territoriaux au modèle explicatif

Dans cette partie, nous allons tenter de mettre en évidence les effets de la localisation sur l’internationalisation des porte-monnaie à partir de deux variables caractérisant la connec-

tivité des territoires de résidence des enquêtés à des grandes infrastructures de transport (accessibilité aérienne du département de résidence et proximité de la commune de résidence à une route européenne) et l'attractivité touristique du département de résidence auprès de personnes résidant dans un autre pays de l'Union européenne.

Pour mesurer l'effet d'une plus ou moins bonne accessibilité aérienne du département de résidence des enquêtés sur l'internationalisation des porte-monnaie, nous avons utilisé une variable de la base de données ESPON. Il s'agit d'un indice composite d'accessibilité multimodale aux aéroports créée par *Spiekermann and Wegener*, un centre de recherche en études urbaines et régionales.

L'accessibilité aérienne ayant été calculée pour l'ensemble des NUTS 3 de l'Europe des 27+4 (Suisse, Norvège, Liechtenstein et Islande) en 2006, il nous a été possible de rendre compte de la situation relative des départements français dans leur accessibilité moyenne aux territoires européens⁷.

L'accessibilité de la commune de résidence aux axes du réseau routier européen situés en France a été calculée selon différents seuils d'éloignement. L'éloignement mesure la distance euclidienne séparant le centroïde de la commune de résidence de l'enquêté au tronçon du réseau le plus proche. Les analyses exploratoires préalables à la construction du modèle explicatif nous ont amenés à considérer que l'effet de sur-internationalisation induit par la proximité d'une autoroute s'arrêtait à une distance de 10km⁸. Ce seuil de distance nous paraît raisonnable puisque, pour illustration, la distance moyenne des déplacements du domicile vers un lieu de travail fixe et régulier en France était de 14,7 km en 2008 (source : SOeS, Insee, Inrets, enquêtes nationales transports et déplacements 2008).

Enfin, la description de l'attractivité touristique des départements pour l'année 2005 auprès de personnes résidant à l'étranger a été rendue possible par l'utilisation d'une variable comparant le nombre de touristes étrangers en équivalent habitant permanent (EHP) d'un département à la valeur moyenne observée dans l'ensemble des départements métropolitains⁹. Cette variable ne rend donc pas compte des flux de touristes, mais pondère l'afflux de ces derniers par la durée des séjours. Nous espérons ainsi mieux capter les territoires dans lesquels s'exercent des circulations liées au tourisme en les pondérant par l'intensité

7. Nous avons choisi de discrétiser ces variables en 3 classes, rendant compte d'une situation relativement mauvaise du territoire vis-à-vis de la moyenne européenne (indice d'une valeur inférieure à 75), relativement moyenne (indice d'une valeur comprise entre 75 et 150), et relativement bonne (indice d'une valeur supérieure à 150).

8. C'est pour ce seuil de distance que l'intégration de la variable a permis d'accroître au mieux le pouvoir explicatif des trois modèles.

9. L'Insee compte un EHP pour 365 nuitées touristiques, ces dernières pouvant être effectuées par un nombre quelconque de touristes tout au long de l'année.

des séjours¹⁰.

La méthode de sélection des variables à intégrer au modèle estimant la valeur de chacun des trois critères d'internationalisation est identique à celle mise en oeuvre dans le chapitre précédent. Nous avons comparé la part supplémentaire de déviance expliquée, relativement à l'augmentation du degré de liberté lié à l'intégration de ces nouvelles variables (pour plus de détails, voir l'annexe B). Les différents facteurs ont d'abord été intégrés au modèle séparément, puis deux à deux, et enfin simultanément afin de définir lesquels permettraient au mieux de prendre en compte l'effet du territoire sur les différences d'intensité, de diversité et de portée de l'internationalisation des porte-monnaie (tableau 5.1).

Variables ajoutées au Modèle II	Degrés de liberté	% de déviance expliquée		
		Intensité (nb de pièces étr.)	Diversité (nb d'origines)	Portée (nb de km)
Modèle II	9	45,39	29,09	37,61
Modèle II + Autoroutes	11	45,40	29,10	37,69
Acc. aérienne	12	46,61	29,17	38,19
Tourisme	12	45,54	29,13	37,98
Autoroutes et air	13	45,61	29,17	38,21
Autoroutes et tourisme	13	45,56	29,14	38,04
Acc. aérienne et tourisme	14	45,71	29,20	38,41
Acc. aérienne, tourisme et autoroutes	15	45,71	29,20	38,43

Tableau 5.1 – Détermination des facteurs de localisation affectant le plus fortement l'internationalisation des porte-monnaie (n = 21 716). Source : ESDO, enquêtes de juin 2002 à décembre 2011.

On note tout d'abord que l'apport heuristique du modèle par les variables territoriales est très faible. En effet, l'ajout de la combinaison de variables la plus pertinente au regard de l'estimation du degré d'intensité de l'internationalisation des porte-monnaie (prise en compte de l'accessibilité aérienne et du tourisme) ne permet d'expliquer que 0,32 points supplémentaires de déviance, et seulement 0,11 points dans le cas de l'estimation de la diversité des origines de pièces (là encore, seules les variables décrivant l'accessibilité aérienne et le tourisme permettent d'accroître le pouvoir explicatif du modèle). L'intégration des trois variables territoriales augmente de 0,82 points la qualité de l'estimation de la portée de l'internationalisation des porte-monnaie. Ce dernier indicateur ressort comme le plus sensible à l'intégration des variables territoriales.

10. L'attractivité touristique relative des départements français a été résumée par l'utilisation d'un indice (situation moyenne = base 100), discrétisé en trois classes. Par commodité de comparaison, nous avons retenu les catégories utilisées pour caractériser l'accessibilité aérienne des départements, à savoir une valeur de l'indice comprise entre [0 ; 75], [75 ; 150] et [150, +inf.].

Malgré la faiblesse générale du pouvoir explicatif des variables territoriales sélectionnées sur le degré d'internationalisation des porte-monnaie¹¹, celles-ci affectent significativement la valeur des indices (tableau 5.2). Toutes choses égales par ailleurs, l'accessibilité aérienne occupe une place plus grande que le tourisme dans la part d'explication de l'internationalisation de chacun des trois modèles. Elle est près de 2,5 fois plus importante en ce qui concerne l'indice d'intensité, 1,6 fois pour l'indice de diversité et 1,7 fois plus importante pour l'indice de portée. La comparaison de la part de déviance expliquée entre porte-monnaie par les facteurs territoriaux montre que la portée de l'internationalisation est également plus sensible à l'accessibilité aérienne qu'à la proximité à une route labellisée comme « européenne ».

	Intensité (nb de pièces étr.)	Diversité (nb d'origines)	Portée (nb de km)
Log(Taille)	31,24***	15,27***	26,60***
Part de petites	1,54***	1,15***	1,43***
Part de grandes	0,94***	0,39***	0,89***
Log(Durée)	9,85***	11,05***	10,20***
saison	0,07***	0,08***	0,14***
Log(Dis. min.)	0,39***	0,19***	0,33***
Ourlet frontalier	0,13***	0,03**	0,01***
Autoroutes 10km	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	0,01***
Acc. aérienne	0,17***	0,06***	0,39***
Tourisme	0,10***	0,03*	0,22*

Note de lecture : L'analyse de la variance (ANOVA) nous apprend que 0,17% de la différence de nombre de pièces étrangères contenues dans les porte-monnaie est expliquée par l'accessibilité aérienne du département. La probabilité de faire une erreur en considérant la différence comme significative est mesurée par un test du χ^2 et est donnée par : *** = 0 ; ** = 0,001 ; * = 0,01 ; . = 0,05

Tableau 5.2 – Ajout des variables d'accessibilité et d'attractivité touristique au modèle (Modele III) (n = 21 716). Source : ESDO - enquêtes de juin 2002 à décembre 2011.

11. En vue de l'importance de l'effet de la taille du porte-monnaie sur les valeurs de son internationalisation, nous avons souhaité savoir si le pouvoir explicatif des autres variables était stable lorsque l'on modélisait l'internationalisation de porte-monnaie de taille comparable. Nous avons donc reproduit les analyses ANOVA de type III pour un ensemble de porte-monnaie défini par les bornes de taille suivantes [moyenne - 1 écart-type; moyenne + 1 écart-type]. Le pourcentage de déviance expliquée baisse du fait de la réduction de l'écart de taille entre les porte-monnaie. Les facteurs explicatifs qui ressortent comme significatifs sont toutefois identiques à ceux définis pour l'ensemble des porte-monnaie et cela pour chaque indicateur d'internationalisation, à l'exception de l'effet de l'appartenance à l'ourlet frontalier qui ne ressort plus comme un facteur significatif de la diversité de leur internationalisation. Les pouvoirs explicatifs de chaque variable sont d'amplitudes proches.

Le Modèle III prend donc la forme suivante :

$$\begin{aligned}
 \text{Internationalisation}(Int, Div, Por) = & \exp[\alpha + \beta_1[\log(Taille)] \\
 & + \beta_2(\%petites) + \beta_3(\%grandes) \\
 & + \beta_4[\log(Durée)] + \beta_5(Saison) \\
 & + \beta_6[\log(Dist.min)] + \beta_7(Ourlet) \\
 & + \beta_8(Acc.Aérienne) + \beta_9(Tourisme)]
 \end{aligned}$$

A cette équation s'ajoute la variable relative à l'infrastructure autoroutière pour l'estimation de la portée de l'internationalisation des porte-monnaie.

Le tableau 5.3 détaille l'effet des variables explicatives sur l'internationalisation des porte-monnaie et rappelle, pour comparaison, les valeurs des coefficients des variables caractérisant le contenu du porte-monnaie, le moment d'enquête et la proximité aux frontières estimées par le modèle final présenté dans le chapitre 4. Une fois encore, les interprétations des coefficients seront réalisées « toutes choses égales par ailleurs quant aux autres effets pris en compte par le modèle » (modèle de type III).

Les coefficients renseignant les effets du contenu du porte-monnaie, du moment d'enquête, ainsi que de l'effet dissuasif de la distance sur l'intensité, la diversité et la portée spatiale de l'internationalisation des porte-monnaie restent stables malgré l'ajout des variables territoriales (cf. Modèle II, tableau 4.12 chapitre 4).

Relativement à des régions bénéficiant d'une accessibilité moyenne vis-à-vis de l'ensemble des NUTS 3 européens, les régions françaises fortement accessibles par les airs augmentent significativement la probabilité pour leurs résidents de posséder un porte-monnaie fortement internationalisé (en termes d'intensité, de diversité et de portée). A l'inverse, une accessibilité aérienne faible plutôt que moyenne ne modifie pas significativement la probabilité de cumuler un nombre important de pièces étrangères, d'origines de pièces étrangères ou de kilomètres dans un porte-monnaie. Le rôle positif de la proximité à de grandes infrastructures de transport sur la portée de l'internationalisation des porte-monnaie est également confirmé pour le réseau autoroutier. L'intégration de la variable décrivant la plus ou moins forte attractivité touristique des départements sur les visiteurs européens induit de même une augmentation significative des différentiels d'intensité, de diversité et de portée de l'internationalisation des porte-monnaie.

Pour illustrer conjointement les résultats des trois modèles, nous avons calculé quels seraient les nombres de pièces étrangères, d'origines et de kilomètres accumulés en fonction de différentes caractéristiques du territoire de résidence du porteur (tableau 5.4). Pour

Modèle III	Intensité (nombre de pièces étrangères)	Diversité (nombre d' origines étrangères)	Portée (nombre de kilomètres cumulés)
log(Taille)	1,06***	0,60***	1,09***
Composition			
% 1 et 2 cents	-0,95***	-0,66***	-1,02***
% 5, 10 et 20 cents	réf.	réf.	réf.
% 50, 100 et 200 cents	0,66***	0,34***	0,71***
log(Durée)	0,55***	0,50***	0,63***
Saison			
Janvier	0,05***	0,05**	0,05***
Jun.	réf.	réf.	réf.
Sept.-Oct.	0,08***	0,08***	0,13***
Déc.	<i>n.s.</i>	0,04**	0,02***
log(Dist. min.)	-0,12***	-0,07***	0,14***
Hors Ourlet	-0,20***	-0,08**	-0,08***
Ourlet	réf.	réf.	réf.
Prox. Auto. Oui	—	—	0,04***
Prox. Auto. Non	—	—	réf.
Acces. AIR —	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
—+	réf.	réf.	réf.
+	0,13***	0,07***	0,21***
Tourisme —	<i>n.s.</i>	-0,03*	-0,13***
—+	réf.	réf.	réf.
+	0,10***	<i>n.s.</i>	0,01***
Intercept	-3,15***	-2,51***	1,22***

Note de lecture : L'analyse des coefficients des modèles de régression de Poisson nous apprend que le fait de résider dans une commune n'appartenant pas à un ourlet frontalier diminue, toutes choses égales par ailleurs, la valeur exponentielle du nombre d'origines de pièces étrangères détenues dans un porte-monnaie (-0,08). La probabilité de faire une erreur en considérant l'effet de la variable comme significative est mesurée par la statistique de test de Student et est donnée par : *** = 0 ; ** = 0,001 ; * = 0,01 ; . = 0,05.

Tableau 5.3 – Effets de l'accessibilité et de l'attractivité touristique sur les facteurs d'internationalisation (n=21 716). Source : ESDO, enquêtes de juin à décembre 2011.

chaque indice d'internationalisation, nous n'avons retenu que les modalités de variables territoriales pour lesquels les coefficients estimés étaient significatifs. Afin de faire ressortir les effets propres à la localisation, les autres facteurs ont été maintenus stables (porte-monnaie de 15 pièces composé uniquement de pièces de 20 cents observé en juin 2004 dans une commune située à 100km d'une frontière).

Si la diversité estimée de l'internationalisation des porte-monnaie n'est que faiblement affectée par les facteurs territoriaux intégrés au modèle, les indices d'intensité et de portée se montrent beaucoup plus sensibles à ces effets. Les circulations à longue portée semblent ainsi être principalement le fait du tourisme. On remarque effectivement que la perte d'in-

	Intensité (Nombre de pièces étrangères)	Diversité (Nombre d'origines observées)	Portée (Nombre de kilomètres cumulés) Prox. autoroutes	
			non	oui
Avion -+ Tourisme -+ (situation de référence)	2,31 (<i>indice=100</i>)	1,37 (<i>indice=100</i>)	772,21 (<i>indice=100</i>)	803,72 (<i>indice=104,08</i>)
Avion -+ Tourisme -	<i>n.s.</i>	1,33 (<i>indice=97,04</i>)	678,07 (<i>indice=87,81</i>)	705,74 (<i>indice=91,39</i>)
Avion + Tourisme +	2,91 (<i>indice=125,86</i>)	<i>n.s.</i>	962,23 (<i>indice=124,61</i>)	1001,50 (<i>indice=129,69</i>)
Avion -+ Tourisme +	2,56 (<i>indice=110,52</i>)	<i>n.s.</i>	779,97 (<i>indice=101,01</i>)	811,80 (<i>indice=105,13</i>)
Avion + Tourisme -	<i>n.s.</i>	1,42 (<i>indice=104,08</i>)	836,52 (<i>indice=108,33</i>)	870,66 (<i>indice=112,75</i>)

Note de lecture : Le tableau rend compte des estimations de l'internationalisation des porte-monnaie selon des combinaisons de modalités pour lesquelles les coefficients du Modèle III sont significatifs. Pour simplifier les comparaisons, nous avons adjoint aux valeurs brutes des indices (base 100).

Tableau 5.4 – Comparaison de l'internationalisation des porte-monnaie selon l'accessibilité et l'attractivité touristique du lieu de vie du porteur.

ternationalisation dans un territoire touristique mais moyennement accessible par avion touche plus fortement sa portée que son intensité, en comparaison avec un territoire bénéficiant à la fois d'une accessibilité aérienne et d'une attractivité touristique élevées. L'intensité de la présence de pièces étrangères dans les porte-monnaie réagit quant-à-elle avec une ampleur relativement proche à l'accessibilité aérienne et à l'attractivité touristique du territoire de résidence de l'enquêté. Enfin, l'accroissement, même minime, de la diversité des origines de pièces étrangères présentes dans les porte-monnaie se montre pour sa part plus sensible à l'accessibilité aérienne du territoire qu'à son attractivité touristique, bien que les deux aient un effet positif sur sa valeur.

5.2.2 Caractérisation des variations individuelles de l'internationalisation des porte-monnaie

Dans un premier temps, cette sous-partie a pour vocation à rendre compte de l'effet de l'appartenance sociale des individus sur l'internationalisation de leur porte-monnaie. Nous chercherons ensuite à définir les interactions entre effets territoriaux et individuels sur la présence de pièces étrangères dans ces porte-monnaie.

Introduction des effets individuels au modèle explicatif

Afin de faciliter l'interprétation du modèle explicatif, nous avons choisi de n'y intégrer qu'un nombre restreint de variables socio-démographiques. Nos choix se sont portés sur des critères de genre, d'âge et de condition sociale, comme le suggérait la revue de la littérature présentée dans la première partie du chapitre.

Nous souhaitons également rappeler que la description des effets d'appartenance socio-démographiques sur l'internationalisation des porte-monnaie est limitée aux données dont nous disposons dans les enquêtes. Nous souhaiterions enfin rappeler que les individus enquêtés ont répondu à domicile (cf. chapitre 3). Ceci implique que nous n'allons recueillir le contenu du porte-monnaie que d'une partie de la population réellement présente sur le territoire au moment de l'enquête¹². Ainsi, les sans-domiciles fixes, les sans-papiers, les touristes, et les français vivant à l'étranger n'ont par exemple pas été enquêtés.

Une première variable indique la classe d'âge de l'enquêté (de 18 à 24 ans, de 25 à 34 ans, de 35 à 49 ans, de 50 à 64 ans et de 65 et plus). Une variable renseignant l'appartenance socio-professionnelle des enquêtés en six modalités a été intégrée à nos analyses. Les classes retenues (agriculteurs, artisans et commerçants, cadres, professions intermédiaires et employés, ouvriers et inactifs) sont celles proposées par l'institut de sondage en charge des enquêtes (cf. chapitre 3). Les inactifs faisant majoritairement partie des enquêtés les plus jeunes ou les plus âgés, nous avons choisi de séparer ce groupe socio-professionnel en trois catégories d'âge : les 18-24 ans, les 65 ans et plus, et les inactifs âgés de 25 à 64 ans.

Partant en outre du postulat que les différences de mobilité entre les 25-64 ans de même profession étaient relativement plus faibles que les différences de mobilités entre ces groupes professionnels, nous avons décidé de prendre en compte le reste des catégories professionnelles comme telles.

Enfin, ne souhaitant pas préjuger de l'effet du genre, une variable séparant les individus de sexe féminin, d'une part, et les individus de sexe masculin, d'autre part, a été ajoutée au modèle.

Le tableau 5.5 rend compte de la répartition des enquêtés selon les croisements entre le genre et l'activité professionnelle des porteurs.

12. Ceci est le propre des enquêtes en face à face et n'est donc pas spécifique aux enquêtes ESDO.

	Homme	Femme	Ensemble
Agriculteur	98	55	153
Artisan, commerçant	356	160	516
Cadre	740	463	1204
Prof. intermédiaire, employé	2033	5037	7070
Ouvrier	2662	848	3510
Inactif de 18 à 24 ans	547	754	1301
Inactif de 65 ans et plus	1867	2221	4088
Autre inactif	1281	2598	3879
Ensemble	9583	12133	21716

Tableau 5.5 – Répartition des enquêtés selon les croisements entre variables socio-démographiques créées. Source : ESDO, enquêtes de juin à décembre 2011.

Le modèle IV prend donc la forme suivante :

$$\begin{aligned}
 Internationalisation(Int, Div, Por) = & \exp[\alpha + \beta_1[\log(Taille)] \\
 & + \beta_2(\%petites) + \beta_3(\%grandes) \\
 & + \beta_4[\log(Durée)] + \beta_5(Saison) \\
 & + \beta_6[\log(Dist.min)] + \beta_7(Ourlet) \\
 & + \beta_8Activité + \beta_9Sexe]
 \end{aligned}$$

Une fois encore, les facteurs mécaniques (taille et composition du porte-monnaie, date d'enquête) et banals (proximité aux frontières) de l'internationalisation des porte-monnaie définis par le modèle II expliquent la part la plus importante des différences entre porte-monnaie (5.6).

Variables ajoutées au Modèle II	Degrés de liberté	% de déviance expliquée		
		Intensité (nb de pièces étr.)	Diversité (nb d'origines)	Portée (nb de km)
Modèle II	9	45,39	29,09	37,61
Modèle II + Activité et sexe	18	45,51	29,14	37,83

Tableau 5.6 – Détermination des facteurs individuels affectant le plus fortement l'internationalisation des porte-monnaie ($n = 21716$). Source : ESDO, enquêtes de juin 2002 à décembre 2011.

L'ensemble des variables du modèle sont néanmoins des facteurs significatifs de l'internationalisation des porte-monnaie (tableau 5.7). On note que la part prise par ces variables dans la proportion de déviance expliquée par le modèle est plus forte dans le cas du mo-

dèle cherchant à déterminer le nombre de kilomètres contenus dans les porte-monnaie, que dans ceux qui expliquent l'intensité ou la diversité.

	Intensité (nb de pièces étr.)	Diversité (nb d'origines)	Portée (nb de km)
Log(Taille)	30,92***	15,10***	26,29***
% Petites	1,52***	1,15***	1,43***
% Grandes	0,97***	0,39***	0,91***
Log(Durée)	9,98***	11,21***	10,58***
Saison	0,07***	0,08***	0,16***
Log(Dist. min.)	0,24***	0,81***	0,25***
Ourlet	0,14***	0,02**	0,01***
Activité	0,10***	0,05*	0,20***
Sexe	0,03***	0,01*	0,04***

Note de lecture : L'analyse de la variance (ANOVA) nous apprend que 0,10% de la différence de nombre de pièces étrangères contenues dans les porte-monnaie est expliquée par l'activité professionnelle du répondant. La probabilité de faire une erreur en considérant la différence comme significative est mesurée par un test du χ^2 et est donnée par : *** = 0 ; ** = 0,001 ; * = 0,01 ; . = 0,05

Tableau 5.7 – Ajout des variables caractérisant les porteurs au modèle (Modèle IV) (n = 21 716). Source : ESDO, enquêtes de juin 2002 à décembre 2011.

L'analyse des coefficients liés aux différentes modalités socio-démographiques nous permet de mieux caractériser les mécanismes explicatifs sous-jacents à l'internationalisation des porte-monnaie (tableau 5.8).

Une nouvelle fois, les coefficients renseignant les effets du contenu du porte-monnaie, du moment d'enquête et de l'effet dissuasif de la distance aux frontières sur la valeur prise par chacun des trois indices d'internationalisations sont stables comparés au modèle II (cf. Modèle II, tableau 4.12 chapitre 4).

Les différences entre le nombre de pièces étrangères observées dans le porte-monnaie d'un individu appartenant à la catégorie des professions intermédiaires d'une part, et d'un cadre ou d'un inactif âgé de 25 à 64 ans de l'autre, sont les seules à ne pas être significatives. S'agissant de la diversité des origines de pièces contenues dans leurs porte-monnaie, les professions intermédiaires ne se distinguent, de manière significative, que des ouvriers et des inactifs de plus de 65 ans. A l'inverse, l'ensemble des modalités de la variable décrivant la catégorie professionnelle influence la probabilité de posséder un porte-monnaie accumulant un grand nombre de kilomètres.

Selon Wagner (2007), un « capital social et culturel international » (pratique d'une langue étrangère, voyages à l'étranger, expatriation, etc.) serait né du processus de mondialisation de l'économie, renforçant la position des classes dites dominantes au détriment des classes les plus précaires. Les différences d'internationalisation des porte-monnaie viennent

Modèle IV	Intensité (nombre de pièces étrangères)	Diversité (nombre d' origines observées)	Portée (nombre de kilomètres cumulés)
log(Taille)	1,06***	0,60***	1,09***
Composition			
% 1 et 2 cents	-0,95***	-0,66***	-1,02***
% 5, 10 et 20 cents	réf.	réf.	réf.
% 50, 100 et 200 cents	0,67***	0,34***	0,72***
log(Durée)	0,56***	0,50***	0,63***
Saison			
Janvier	0,05***	0,05**	0,05***
Jun.	réf.	réf.	réf.
Sept.-Oct.	0,08***	0,08***	0,13***
Déc.	<i>n.s.</i>	0,04**	0,02***
log(Dist. min.)	-0,12***	-0,08***	0,11***
Hors Ourlet	-0,21***	-0,08**	-0,07***
Ourlet	réf.	réf.	réf.
Profession inter.	réf.	réf.	réf.
Agriculteur	-0,11**	<i>n.s.</i>	-0,06***
Artisan, commerçant	0,06*	<i>n.s.</i>	0,01***
Cadre	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	0,02***
Ouvrier	-0,05*	-0,06**	-0,11***
Inactif 18-24 ans	0,05*	<i>n.s.</i>	0,15***
Inactif 25-64 ans	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	-0,04***
Inactif plus 65 ans	-0,07***	-0,04**	-0,08***
Homme	réf.	réf.	réf.
Femme	-0,04***	-0,03*	-0,06***
Intercept	-3,24***	-2,45***	1,36***

Note de lecture : L'analyse des coefficients des modèles de régression de Poisson nous apprend que le fait d'être un ouvrier diminue, toutes choses égales par ailleurs, la valeur exponentielle du nombre d'origines de pièces étrangères détenues dans un porte-monnaie (-0,05). La probabilité de faire une erreur en considérant l'effet de la variable comme significative est mesurée par la statistique de test de Student et est donnée par : *** = 0 ; ** = 0,001 ; * = 0,01 ; . = 0,05.

Tableau 5.8 – Effets des caractéristiques socio-démographiques du porteur sur les facteurs d'internationalisation (n=21716). Source : ESDO, enquêtes de juin à décembre 2011.

corroborer ce dernier résultat. Il semble donc que, contrairement à ce que les travaux de Urry (2000) suggéraient, l'appartenance sociale contribue à différencier les pratiques de la mobilité internationale au XXIème siècle.

Les différences de portée de la mobilité selon le genre ont déjà été observés dans des enquêtes quantitatives s'intéressant à la distance des navettes réalisées entre lieu de domicile et lieu de travail (Berroir *et al.* 2004) ou à celle des voyages d'affaires à destination d'un pays étranger (Aguilera 2008). Les coefficients de la variable de genre témoignent, pour les trois modèles, de différentiels significatifs, toutes choses égales par ailleurs, quant à

la capacité des hommes et des femmes à capter des pièces étrangères, émises dans des pays variés et éloignés. La sous-internationalisation des porte-monnaie féminins suggère que les femmes se déplacent moins fréquemment que les hommes de même classe sociale à l'étranger, ou que leurs espaces du quotidien (travail et loisirs, la résidence étant supposée la même) sont moins fréquentés par des résidants étrangers.

Afin d'illustrer concrètement l'impact des facteurs socio-démographiques sur les différents degrés de l'internationalisation du porte-monnaie, nous avons une nouvelle fois estimé la valeur des indices d'intensité, de diversité et de portée d'un porte-monnaie de 15 pièces de 5, 10 et 20 cents qui aurait été observé en juin 2004 dans une commune située à 100 kilomètres d'une frontière. Les estimations sont données en valeur absolue et relative dans le tableau 5.9. Pour chaque indicateur d'internationalisation, l'individu de référence est un homme appartenant à la catégorie des professions intermédiaires et employés (indice base 100).

Les individus ayant une probabilité plus importante de posséder un porte-monnaie plus intensément internationalisé qu'un homme, de profession intermédiaire ou employé, sont les hommes artisans commerçants, les étudiants, et, à un degré à peine plus faible, les femmes appartenant à ces mêmes catégories socio-professionnelles. On observe plus généralement qu'à activité professionnelle égale, les femmes ont tendance à posséder un nombre de pièces étrangères plus faible que les hommes. Enfin, quel que soit le genre du porteur, les agriculteurs, les retraités et les ouvriers sont les catégories professionnelles les moins en contact avec des pièces étrangères.

Les modalités de variables socio-démographiques qui permettent d'exprimer une différence statistique significative dans la présence d'origines de pièces variées dans les porte-monnaie sont, nous l'avons vu, peu nombreuses. Il en résulte que nous n'avons été en mesure de comparer la diversité de l'internationalisation des hommes de profession intermédiaire ou employés qu'avec un nombre réduit d'individus-types. Là encore, des différences entre hommes et femmes de même professions s'observent, à la faveur des premiers. La comparaison révèle toutefois qu'une femme employée ou de profession intermédiaire aura une chance un peu plus importante de posséder une grande variété d'origines de pièces étrangères qu'un homme ouvrier, et, dans une moindre mesure, qu'un homme inactif de plus de 65 ans.

Pour finir, nous pouvons remarquer que les inégalités liées au genre et à l'appartenance socio-professionnelle s'observent plus fortement pour l'indicateur de portée que pour les autres marqueurs de l'internationalisation, les écarts avec les hommes de profession intermédiaire ou employé étant beaucoup plus marqués. Les hommes et les femmes âgées de 18 à 24 ans sont ceux qui bénéficient de la probabilité la plus élevée de posséder un nombre important de pièces issues de pays éloignés. Les ouvriers, les retraités, les agriculteurs, et

	Intensité Nombre de pièces	Diversité Nombre d'origines	Portée Nombre de kilomètres
Homme			
Profession int., employé	2,17 (<i>indice=100</i>)	1,66 (<i>indice=100</i>)	983,48 (<i>indice=100</i>)
Agriculteur	1,94 (<i>indice=89,58</i>)	—	926,21 (<i>indice=94,18</i>)
Artisan, commerçant	2,30 (<i>indice=106,18</i>)	—	993,36 (<i>indice=101,01</i>)
Cadre	—	—	1003,35 (<i>indice=102,02</i>)
Ouvrier	2,06 (<i>indice=95,12</i>)	1,56 (<i>indice=94,18</i>)	881,04 (<i>indice=89,58</i>)
Inactif de 18-24 ans	2,28 (<i>indice=105,13</i>)	—	1142,64 (<i>indice=116,18</i>)
Inactif de 25-64 ans	—	—	944,92 (<i>indice=96,08</i>)
Inactif de plus de 65 ans	2,02 (<i>indice=93,24</i>)	1,60 (<i>indice=96,08</i>)	907,87 (<i>indice=92,31</i>)
Femme			
Profession int., employée	2,08 (<i>indice=96,08</i>)	1,61 (<i>indice=97,04</i>)	926,21 (<i>indice=94,18</i>)
Agricultrice	1,86 (<i>indice=86,07</i>)	—	872,27 (<i>indice=88,69</i>)
Artisan, commerçante	2,21 (<i>indice=102,2</i>)	—	935,52 (<i>indice=95,12</i>)
Cadre	—	—	944,92 (<i>indice=96,08</i>)
Ouvrière	1,98 (<i>indice=91,39</i>)	1,52 (<i>indice=91,39</i>)	829,73 (<i>indice=84,37</i>)
Inactive de 18-24 ans	2,19 (<i>indice=101,01</i>)	—	1076,10 (<i>indice=109,42</i>)
Inactive de 25-64 ans	—	—	889,89 (<i>indice=90,48</i>)
Inactive de plus de 65 ans	1,94 (<i>indice=89,58</i>)	1,55 (<i>indice=93,24</i>)	855,00 (<i>indice=86,94</i>)

Note de lecture : Le tableau rend compte des estimations de l'internationalisation des porte-monnaie selon des combinaisons de modalités pour lesquelles les coefficients du Modèle IV sont significatifs. Pour simplifier les comparaisons, nous avons adjoint aux valeurs brutes des indices (base 100).

Tableau 5.9 – Comparaison de l'internationalisation des porte-monnaie selon les caractéristiques socio-démographiques du porteur.

les inactifs de 25 à 64 ans (chômeurs, hommes et femmes au foyer) sont les plus défavorisés dans la portée de l'internationalisation de leurs porte-monnaie.

Ces résultats recourent ceux de Grasland (2009), qui a appliqué un modèle poissonien à

l'explication des différences de kilomètres cumulés dans les porte-monnaie par les effets de taille et de durée, d'une part, et par une série de variables socio-démographiques de l'autre : croisement de l'âge et du sexe, niveau de vie, niveau d'éducation et activité (en trois classes distinguant les inactifs et les ouvriers des autres statuts professionnels). Il a notamment montré qu'au sein de chacune des classes d'âge, les femmes tendaient à posséder un nombre de pièces émises par un pays éloigné plus faible que les hommes, toutes choses égales par ailleurs quant aux autres variables.

De ces deux tentatives de modélisation de la portée de l'internationalisation, il ressort que cet indicateur est bien adapté à la caractérisation des différentiels sociaux de mise en relation internationale. Ceci semble s'expliquer par le fait qu'il consiste en un enregistrement - bien qu'indirect - de la mobilité passée. Il permet en effet une inversion du modèle gravitaire : toutes choses égales par ailleurs quant aux effets de taille, la quantité de flux échangés entre deux lieux peut-être estimée par la distance les séparant (Tobler 1971, Grasland 2009).

Détermination du niveau d'interactions des effets territoriaux et sociaux

Le bref état de la question présenté en début de chapitre a rappelé que les interactions entre les caractéristiques socio-démographiques et le degré d'internationalisation peuvent varier d'un territoire à l'autre. De la même manière, un territoire est constitué par une somme d'individus dont dépend la plus ou moins forte intégration à l'international. Dans cette partie, nous chercherons à mettre en évidence les effets conjoints des facteurs territoriaux et individuels sur l'intensité, la diversité et la portée de l'internationalisation des porte-monnaie.

Les résultats présentés sont toutefois à interpréter avec prudence, puisque le fait de considérer les effets du territoire « toutes choses égales par ailleurs » quant aux caractéristiques socio-démographiques (ou, à l'inverse, les effets socio-démographiques sans tenir compte du territoire de vie) suppose l'absence d'interaction entre les deux phénomènes, hypothèse qui n'est que difficilement acceptable d'un point de vue empirique (Vallée 2009). Plus qu'à la valeur des coefficients issus des derniers modèles, nous nous intéresserons donc aux modifications apportées au pouvoir explicatif des variables et au sens de leurs relations avec les valeurs prises par chacun des indicateurs du degré d'internationalisation des porte-monnaie.

L'association des effets territoriaux et socio-démographiques au modèle n'accroît que faiblement le pouvoir explicatif du modèle, en comparaison de celui obtenu à la fin du chapitre précédent par le modèle ne tenant compte que des effets du porte-monnaie, du moment d'observation et de la proximité aux frontières. Si le modèle tenant compte des

facteurs individuels d'internationalisation des porte-monnaie explique une part relativement plus faible des valeurs observées que le modèle prenant en compte des facteurs territoriaux, l'intégration conjointe de leurs effets permet de mieux estimer la valeur de l'intensité, de la diversité et de la portée des pièces étrangères contenues dans les porte-monnaie (tableau 5.10).

Variables ajoutées au Modèle II	Degrés de liberté	% de déviance expliquée		
		Intensité (nb de pièces étr.)	Diversité (nb d'origines)	Portée (nb de km)
Modèle II	9	45,39	29,09	37,61
Modèle III	14	45,71	29,20	38,43
Modèle IV	18	45,51	29,14	37,83
Modèle V = III + IV	22	45,80	29,24	38,58

Tableau 5.10 – Combinaison des facteurs d'accessibilité, d'attractivité touristique et individuels affectant l'internationalisation des porte-monnaie ($n = 21\,716$). Source : ESDO, enquêtes de juin 2002 à décembre 2011.

Le Modèle V prend donc la forme suivante :

$$\begin{aligned}
 \text{Internationalisation}(Int, Div, Por) = & \exp[\alpha + \beta_1[\log(Taille)] \\
 & + \beta_2(\%petites) + \beta_3(\%grandes) \\
 & + \beta_4[\log(Durée)] + \beta_5(Saison) \\
 & + \beta_6[\log(Dist.min)] + \beta_7(Ourlet) \\
 & + \beta_8(Acc.Aérienne) + \beta_9(Tourisme)] \\
 & + \beta_{10}Activité + \beta_{11}Sexe]
 \end{aligned}$$

L'intégration conjointe des variables socio-démographiques et territoriales modifie peu le poids de chacune des variables dans le pouvoir explicatif du modèle (tableaux 5.2, 5.7, et 5.11). On note toutefois que le rôle de la variable renseignant l'appartenance socio-professionnelle des porteurs accroît sa part relative dans la prédiction de l'intensité et de la portée des pièces étrangères. De la même manière, le rôle relatif des variables décrivant les seuils d'accessibilité aérienne et d'attractivité touristique dans la présence plus ou moins intense de pièces d'origine étrangère est accentué par la prise en compte des facteurs socio-démographiques. A l'inverse, la part prise par les variables territoriales dans la proportion de déviance expliquée entre individus au regard de la diversité des origines de pièces diminue. Ces valeurs sont plutôt stables en ce qui concerne la portée de l'internationalisation.

	Intensité (nb de pièces étr.)	Diversité (nb d'origines)	Portée (nb de km)
Log(Taille)	31,18***	15,18***	26,56***
% Petites	1,51***	1,14***	1,40***
% Grandes	0,93***	0,38***	0,89***
Log(Durée)	9,87***	11,05***	10,18***
Saison	0,07***	0,08***	0,15***
Log(Dist. min.)	0,39***	0,20***	0,33***
Ourlet	0,14***	0,03**	0,02***
Autoroutes	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	0,01***
Acc. aérienne	0,15***	0,18***	0,35***
Tourisme	0,10***	0,03*	0,22***
Activité	0,07***	0,04.	0,14***
Sexe	0,03***	0,01*	0,04***

Note de lecture : L'analyse de la variance (ANOVA) nous apprend que 0,10% de la différence de nombre de pièces étrangères contenues dans les porte-monnaie est expliquée par l'attractivité touristique des départements. La probabilité de faire une erreur en considérant la différence comme significative est mesurée par un test du χ^2 et est donnée par : *** = 0 ; ** = 0,001 ; * = 0,01 ; . = 0,05

Tableau 5.11 – Pouvoir explicatif des variables structurelles, territoriales et socio-démographiques (Modèle V) (n = 21716). Source : ESDO, enquêtes de juin 2002 à décembre 2011.

Les valeurs et les degrés de significativité sont constants, eu égard à ceux observés dans les modèles précédents. En effet, les seuls changements de sens dans la relation entre effets territoriaux ou socio-démographiques et degré d'internationalisation des porte-monnaie s'observent pour la portée des porte-monnaie d'agriculteurs et de cadres (tableau 5.12). Une fois intégrés les effets de l'accessibilité et l'attractivité touristique des territoires, il ressort que le fait d'être un cadre diminue significativement, bien que faiblement la probabilité de cumuler un plus grand nombre de kilomètres dans son porte-monnaie qu'une personne de profession intermédiaire. A l'inverse, les agriculteurs qui ressortaient comme l'une des catégories les moins en contact avec des pièces étrangères émises par des pays éloignés dans le modèle IV (tableau 5.8) bénéficient, une fois les effets du territoire pris en compte, d'une portée de l'internationalisation de leurs porte-monnaie plus élevée que la population de référence (professions intermédiaires et employés). La sur-internationalisation des cadres et la sous-internationalisation des agriculteurs relevées par le modèle IV étaient donc liées à leurs lieux de vie, plus ou moins attractifs pour les résidents étrangers ou émetteurs de mobilité à longue portée. A ces exceptions près, les variables territoriales et socio-démographiques ne semblent donc pas redondantes et agissent bien conjointement sur les différents degrés d'internationalisation des porte-monnaie.

La cartographie des résidus du modèle permet un repérage spatial des agrégats de porte-monnaie sur- et sous-internationalisés par rapport à ce qui est estimé par le modèle (car-

tographies présentées figure 5.4). La méthode de construction des cartes est identique à celle présentée au début de la partie précédente (partie 5.2.1). Bien que nous ne soyons pas en capacité d'indiquer si les agrégats spatiaux les plus exceptionnels, sur- ou sous-internationalisés, sont liés à la présence de groupes spécifiques d'individus hyper-mobiles ou à une attractivité singulière des territoires, il nous semblait intéressant de noter l'exceptionnelle internationalisation des porte-monnaie observés aux abords du Mont-Saint-Michel et de la ville de Lourdes. Si celle-ci pourrait être liée à l'importance touristique de ces deux sites (Insee 2013), celle de la Côte-d'Azur et des Landes pourrait aussi s'expliquer par la présence importante de résidences secondaires étrangères dans ces régions (Pistre 2012). L'espace transfrontalier partagé avec le Luxembourg apparaît également sur-internationalisé par l'intensité et la diversité des origines de pièces étrangères observées, comme le laissait attendre l'importance des navettes transfrontalières à destination de Luxembourg-ville, provenant d'Allemagne, de Belgique et de France (Schmitz *et al.* 2012).

On remarque que la répartition spatiale de la sous-internationalisation est beaucoup plus stable à travers les trois indicateurs que celle des porte-monnaie sur-internationalisés : un porte-monnaie contenant moins de pièces étrangères que prévu par le modèle est aussi un porte-monnaie pour lequel seront observées une diversité des origines et une portée des kilomètres cumulés plus faibles que celles estimées. Le déficit d'internationalisation des porte-monnaie s'observe principalement chez les résidents des régions du centre-ouest. Outre le fait que ces régions sont celles pour lesquelles les distances à la frontière la plus proche sont maximales (et donc où la diffusion spatiale des pièces étrangères est la plus lente), la faible présence de pièces étrangères dans ces territoires pourrait également être due à leurs faibles densités de population (comme l'illustre la carte D.3 présentée en annexes).

Modèle V	Intensité (nombre de pièces étrangères)	Diversité (nombre d'origines étrangères)	Portée (nombre de kilomètres cumulés)
log(Taille)	1,06***	0,61***	1,09***
Composition			
% 1 et 2 cents	-0,94***	-0,66***	-1,01***
% 5 et 10			
et 20 cents	réf.	réf.	réf.
% 50 cents et			
1 et 2 euros	0,66***	0,34***	0,71***
log(Durée)	0,56***	0,50***	0,63***
Saison			
Janvier	0,05***	0,05**	0,05***
Jun.	réf.	réf.	réf.
Sept.-Oct.	0,08***	0,08***	0,13***
Déc.	<i>n.s.</i>	0,04**	0,02***
log(Dist. min.)	-0,12***	-0,08***	0,14***
Hors Ourlet	-0,21***	-0,08**	-0,09***
Ourlet	réf.	réf.	réf.
Prox. Auto. Oui	—	—	0,03***
Prox. Auto. Non	—	—	réf.
Acces. AIR —	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	-0,01***
— +	réf.	réf.	réf.
+	0,13***	0,07***	0,21***
Tourisme —	<i>n.s.</i>	-0,03*	-0,13***
— +	réf.	réf.	réf.
+	0,10***	<i>n.s.</i>	-0,01***
Profession inter.	réf.	réf.	réf.
Agriculteur	-0,08*	<i>n.s.</i>	0,02***
Artisan, commerçant	0,06*	<i>n.s.</i>	0,03***
Cadre	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	-0,01***
Ouvrier	-0,04*	-0,05**	-0,09***
Inactif 18-24 ans	0,04*	<i>n.s.</i>	0,13***
Inactif 25-64 ans	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	-0,02***
Inactif plus 65 ans	-0,06***	-0,04*	-0,06***
Homme	réf.	réf.	réf.
Femme	-0,04***	-0,03*	-0,05***
Intercept	-3,12***	-2,48***	1,27***

Note de lecture : L'analyse des coefficients des modèles de régression de Poisson nous apprend que le fait d'être un ouvrier diminue, toutes choses égales par ailleurs, la valeur exponentielle du nombre d'origines de pièces étrangères détenues dans un porte-monnaie (-0,04). La probabilité de faire une erreur en considérant l'effet de la variable comme significative est mesurée par la statistique de test de Student et est donnée par : *** = 0 ; ** = 0,001 ; * = 0,01 ; . = 0,05.

Tableau 5.12 – Effets des caractéristiques structurelles, territoriales et socio-démographiques du porteur sur les facteurs d'internationalisation (n=21716). Source : ESDO, enquêtes de juin à décembre 2011.

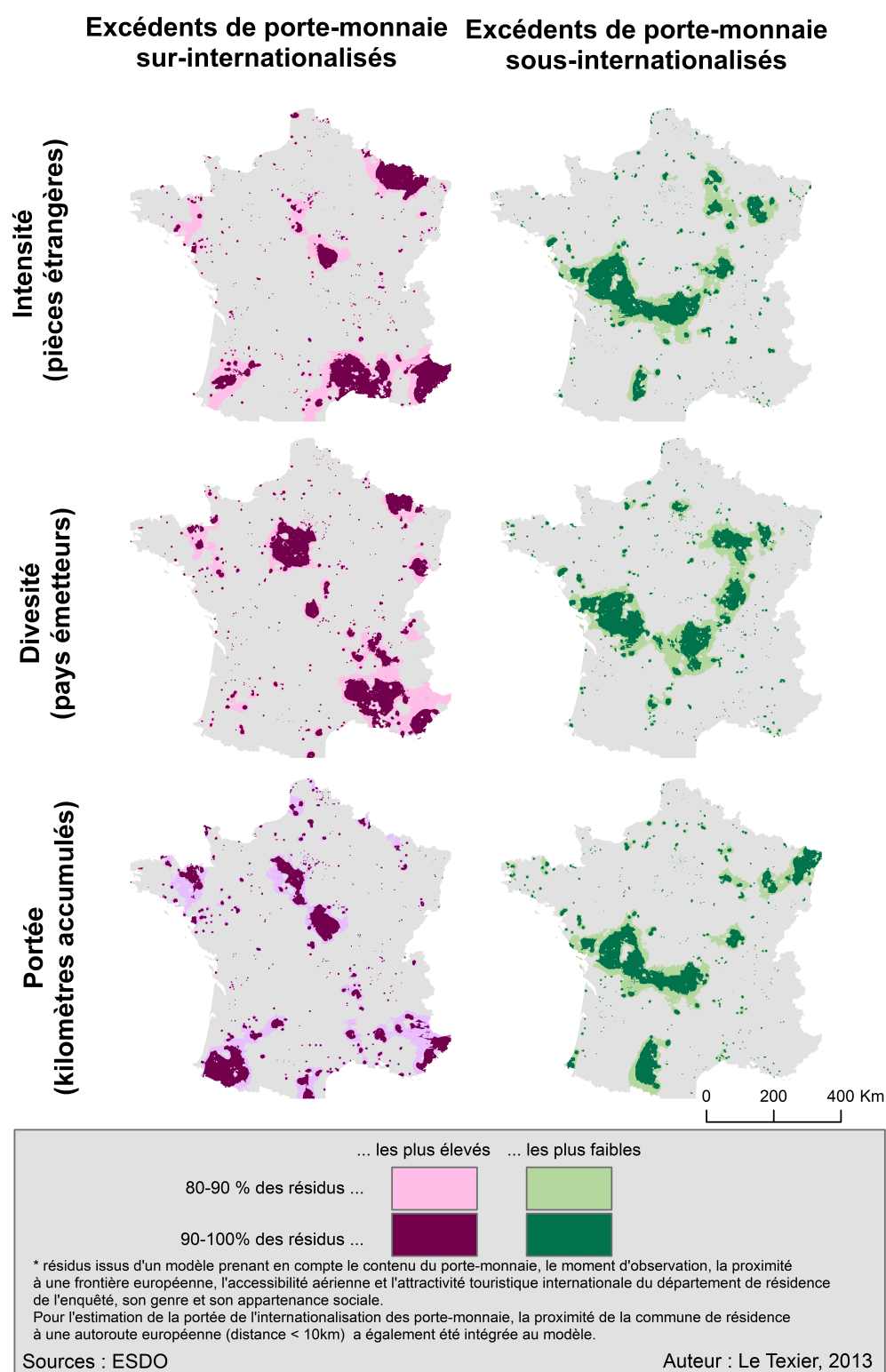


FIGURE 5.4 – Distribution spatiale des porte-monnaie sur- et sous-internationalisés en France (juin 2002 - décembre 2011) une fois pris en compte les effets du porte-monnaie, du moment d'enquête, des territoires de résidence des porteurs et de leurs caractéristiques socio-démographiques.

5.3 Une analyse multi-échelle des différentiels d'internationalisation des territoires locaux : le cas du Luxembourg (mars à août 2006)

L'étude des facteurs territoriaux ou sociaux d'internationalisation des porte-monnaie français ne permet pas de capturer des effets réellement spécifiques des territoires métropolitains. Nous avons cependant vu que ce type de territoires avait tendance à abriter les individus aux porte-monnaie simultanément les plus sur- et sous-internationalisés. L'analyse de la répartition spatiale des résidus a également montré l'existence d'agrégats spatiaux fins, semblant rendre compte de particularismes locaux que nous n'avons pas été en mesure d'intégrer au modèle général. La faible granularité spatiale des enquêtés nous a notamment contraints à analyser la répartition spatiale de l'internationalisation des porte-monnaie « toutes choses égales par ailleurs quant à la date d'enquête ». Or, nous avons montré dans une publication précédente (Le Texier 2011a) que les territoires les plus internationalisés n'étaient pas les mêmes selon les saisons. Nous savons, en outre, que les enquêtés n'ont pas été sondés dans les mêmes espaces infra-régionaux selon les enquêtes (figure 3.4).

L'ensemble de ces raisons amène à se poser de façon plus précise la question de l'effet territorial local dans le cadre d'une analyse des porte-monnaie luxembourgeois. En effet, 3400 porteurs avaient été enquêtés par le centre de recherche CEPS-Instead entre mars et août 2006 sur l'ensemble du territoire national (voir chapitre 3). Il nous a ainsi semblé que la petitesse du pays (environ 2590 km²) et l'importance numérique des sondés apportaient un préalable suffisant aux questionnements suivants : l'appartenance à des territoires locaux influence-t-elle le degré d'internationalisation des pièces observées ? Si oui, cette influence est-elle la même selon l'échelle d'observation ?

5.3.1 Le Luxembourg, un espace métropolitain transfrontalier

Comparer les variations du degré d'internationalisation des territoires luxembourgeois nécessite de rappeler brièvement la situation singulière du pays au sein de l'Union européenne. Tout d'abord, avec 525 000 habitants en 2012, le Luxembourg est le plus petit pays membre de l'Union européenne. La capitale de Luxembourg-ville abrite de très nombreuses fonctions métropolitaines relativement à sa taille dans le système de villes européens (Cicille et Rozenblat 2003) et aux autres villes du pays (tableau 5.13).

L'arrivée quotidienne d'environ 158 000 travailleurs frontaliers en 2012 (Schmitz *et al.* 2012) au Luxembourg illustre combien l'aire d'attraction de la métropole luxembourgeoise

Unités urbaines	Industries manu- facturières et de haute technologie	Services orientés vers les hautes technologies	Services aux entreprises	Services financiers	Autres services	Institutions nationales et organismes internationaux	Total	%
Agglo. de Luxembourg	177	4 956	15 771	33 145	5 376	20 690	80 115	86,1
<i>Dont Luxembourg-Ville</i>	33	3 232	13 502	30 398	5 143	20 689	72 997	78,4
Région Sud	35	1 083	1 638	160	2 086	9	5 011	5,4
<i>Dont Esch-sur-Alzette</i>	4	119	746	29	1 361	9	2 268	2,4
Nordstad	6	673	248	31	1 042	0	2 000	2,1
Reste du pays	465	943	2 946	499	1 075	7	5 935	6,4
Total	683	7 655	20 603	33 835	9 579	20 706	93 061	100,0

Source : IGSS 2005, Calculs des auteurs.

¹ L'agglomération de Luxembourg est définie comme l'ensemble des communes de Luxembourg-Ville, Bertrange, Hesperange, Niederanven, Lorentzweiler, Sandweiler, Steinsel, Strassen et Walferdange (Sohn 2006). La Région Sud inclut les communes de Bascharage, Bettembourg, Clémency, Differdange, Dudelange, Esch-sur-Alzette, Kayl, Mondercange, Pétange, Rumelange, Sanem et Schiffange. La Nordstad est composée des communes de Berg, Bettendorf, Diekirch, Erpeldange, Ettelbruck et Schieren.

Tableau 5.13 – Emploi métropolitain selon les secteurs dans les unités urbaines luxembourgeoises en 2005 (source : Sohn et Walther (2008, p.9)).

dépasse les frontières nationales (Sohn et Walther 2009). D'intensité plus faible mais de portée plus élevée, les mobilités internationales liées à la présence de nombreuses institutions européennes dans la capitale (Secrétariat Général du Parlement européen, Cour de justice européenne, Cour des comptes européenne, Banque européenne d'investissement, par exemple), ou de sièges sociaux d'entreprises multinationales, jouent également sur le degré d'internationalisation du pays, et de sa capitale plus particulièrement. Le Luxembourg bénéficie ainsi d'une forte croissance du nombre de migrants hautement qualifiés (Lord et Gerber 2010).

L'importante attractivité européenne du territoire national s'observe également dans la présence de nombreuses pièces étrangères. Les porte-monnaie luxembourgeois sont en effet plus intensément et diversement internationalisés que les porte-monnaie français. A titre d'exemple, un porte-monnaie de 10 pièces observé au Luxembourg en 2006 contiendrait entre 5 et 6 pièces étrangères de 2 ou 3 origines différentes. A l'inverse, un porte-monnaie de taille identique observé en France la même année (enquête de juin 2006) ne contiendrait qu'entre 2 et 3 pièces étrangères, provenant de un ou deux pays différents. La portée de l'internationalisation de ce dernier serait toutefois plus importante, puisque les pièces étrangères auraient accumulées une distance minimale de 970 kilomètres, alors que ce chiffre n'atteindrait que 730 kilomètres dans le porte-monnaie luxembourgeois.

Situé au centre du territoire européen, le Luxembourg se trouve plus précisément au cœur de la Grande-Région du Luxembourg. Cette région européenne transfrontalière est composée d'un état souverain, le grand-duché de Luxembourg, des deux Länder allemands de Sarre et de Rhénanie-Palatinat, d'une région française, la Lorraine, de la région wallonne et des deux communautés linguistiques francophone et germanophone de Belgique. Ce territoire institutionnel marque le passage de ces territoires voisins du Luxembourg,

anciennes périphéries de leurs états, à un espace transfrontalier intégré dont le principal témoin reste les nombreux passages de frontières (de Ruffray et al., 2011). Les mobilités transnationales sont principalement dues aux différentiels de coûts du travail et à l'importance de l'offre d'emplois non pourvus par la population luxembourgeoise. L'attractivité de la métropole transfrontalière varie ainsi selon le pays de résidence des navetteurs frontaliers (figure 5.5).

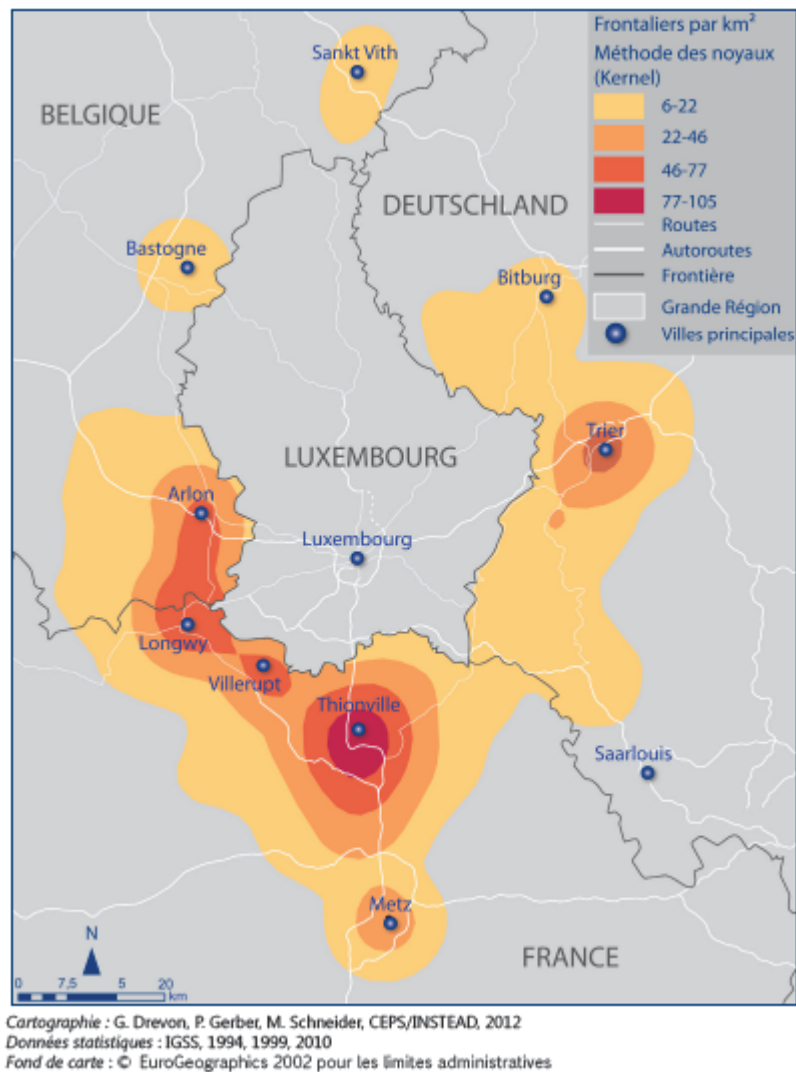


FIGURE 5.5 – Densité de frontaliers vers le Luxembourg au lieu de résidence en 2010.
Source : Schmitz *et al.* (2012, p.9).

5.3.2 Présentation des territoires et données d'études

L'analyse multiéchelle entreprise dans cette partie vise à mettre en lumière les dynamiques territoriales de l'internationalisation du Luxembourg, et ainsi à mieux rendre compte de l'organisation multiscalaire des relations internationales du pays. Nous montrerons que le

contexte transfrontalier et métropolitain du Luxembourg affecte l'internationalisation de ses territoires infra-nationaux à différentes échelles. Nous examinerons plus particulièrement les différentiels de répartition des pièces euro entre cantons, puis entre communes. La localisation de ces différents territoires est représentée schématiquement figure 5.6.

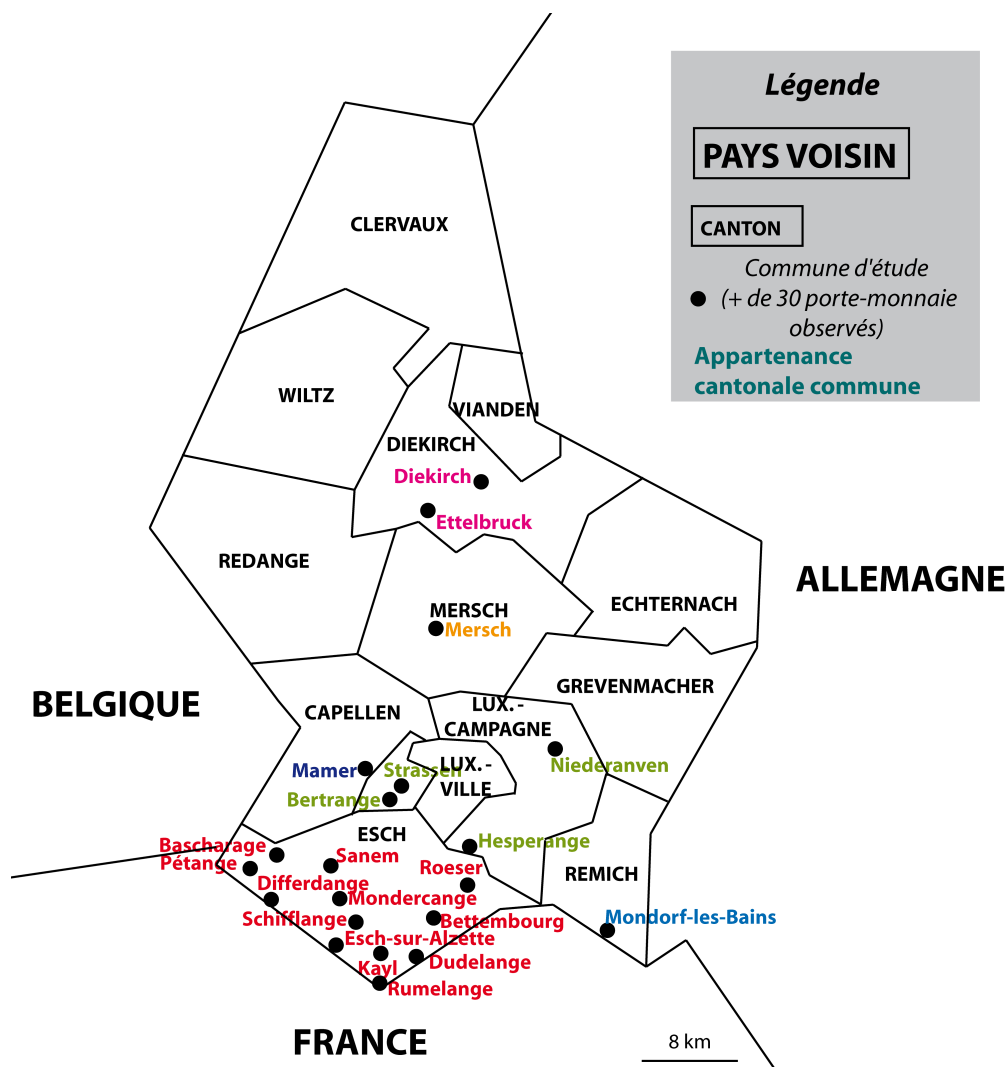


FIGURE 5.6 – Répartition spatiale et appartenance territoriale des porte-monnaie observés dans l'enquête PSELL-3 (Luxembourg, mai-août 2006).

Pour rendre compte des disparités de l'internationalisation des territoires, nous construirons deux analyses factorielle des correspondances (AFC)¹³ qui auront pour objet de rendre compte des types de pièces (croisement des origines et des valeurs) et/ou de combinaisons de types de pièces introduisant le plus de différenciation entre les cantons et communes du pays. De ces observations, nous souhaitons déduire des structures spatiales

13. Pour rappel, une analyse factorielle des correspondances est une méthode d'analyse de données qui permet de comparer les profils en ligne et en colonne d'un tableau de contingence - ici les territoires/individus et les stocks monétaires en fonction du type. Pour plus de détails sur ces méthodes, nous vous renvoyons à l'ouvrage dirigé par Sanders *et al.* (1989).

locales, associant des territoires et/ou des individus proches au regard des différentes traces de leurs relations internationales.

Afin de nous aider dans nos interprétations, nous utiliserons des données issues de deux sources additionnelles. L'attractivité des territoires au regard de l'emploi transfrontalier sera observée par le prisme d'une variable renseignant sur le nombre de salariés non résidents habitant en France, en Belgique et en Allemagne comptabilisés au sein de chaque territoire d'étude en janvier 2007¹⁴.

Cette variable sera complétée par des données renseignant le nombre de résidents de nationalité allemande, belge et française d'une part, et du nombre total de résidents étrangers dans chacun des territoires d'autre part¹⁵. Nous comparerons leurs capacités à décrire la répartition spatiale des pièces à celles de variables plus générales rendant compte d'hypothèses d'interaction spatiale. Nous observerons également le comportement de variables décrivant la population totale résidente et la distance euclidienne minimale séparant la commune (centroïde) de chacun des pays frontaliers du Luxembourg (point frontière le plus proche avec la France, la Belgique et l'Allemagne). Dans le cas des cantons, les distances considérées correspondent à la moyenne des distances calculées à l'échelle communale pour chaque enquête.

L'ensemble de ces variables supplémentaires ne seront pas prises en compte dans la structuration des critères de ressemblance et différentiation entre territoires, mais les proximités statistiques qu'elles introduisent entre territoires seront comparées à celles créées par les répartitions monétaires (elles seront projetées sur les composantes de l'AFC, sans prendre part à leur construction).

Les territoires retenus pour les analyses à l'échelle communale sont ceux pour lesquels plus de trente porte-monnaie ont été observés¹⁶. On note qu'une grande majorité sont situés dans le Sud du pays. C'est, en effet, dans le canton d'Esch-sur-Alzette qu'ont été observés le plus de porte-monnaie (tableau 5.14). De fait, comme nous l'avons déjà mentionné à plusieurs reprises, l'enquête luxembourgeoise à laquelle a été intégrée la question sur les euros ne suit pas une logique de représentativité spatiale des enquêtés. Ces derniers ont été sélectionnés selon certains critères socio-démographiques, sans tenir compte du lieu de vie. Il est important de noter que les différentiels de poids entre communes ne paraissent

14. Les données sont issues du fichier de l'Administration des contributions directes. La définition des non-résidents fiscaux nous assure qu'il s'agit du lieu de travail effectif, et non de la localisation du siège social.

15. Ces données sont issues d'un recensement de la population luxembourgeoise réalisé par l'institut national de statistiques (Statec) en 2001.

16. Ce seuil, arbitraire, a été choisi car il correspond à un consensus dans la littérature concernant l'instabilité statistique liée aux petits effectifs. Bien que nous ne cherchions pas à étudier un échantillon représentatif de la population des communes, nous avons choisi de suivre la loi des grands nombres car nous souhaitons analyser des comportements agrégés assez robustes pour décrire des spécificités territoriales

pas affecter les analyses présentées ci-après. En effet, les communes participant le plus à la construction des facteurs ne sont pas celles pour lesquelles un plus grand nombre de porte-monnaie, et donc de pièces, ont été observés (voir le tableau présenté en annexe D).

Canton	Porte-monnaie	Travailleurs frontaliers	Pop. totale	Pop. étrangère	Pop. française	Pop. belge	Pop. allemande
Luxembourg-ville	567	50395	76688	41154	6558	2803	2307
Capellen	192	9414	37133	12100	1724	2518	901
Esch-sur-Alzette	1159	33986	134674	46418	5376	2400	1393
Luxembourg-campagne	355	20923	48331	19974	2920	1854	1893
Mersch	155	2979	23311	7743	563	729	473
Clervaux	147	6107	12418	3025	175	742	215
Diekirch	210	2570	26742	8832	507	528	381
Rédange	85	1610	13666	3127	224	1365	172
Vianden	26	373	2924	791	40	36	49
Wiltz	130	1877	11704	3225	193	722	133
Echternach	88	3176	14134	4567	351	270	539
Grevenmacher	155	7129	21650	6357	586	490	1061
Remich	140	4301	16164	4972	762	343	535

Tableau 5.14 – Caractéristiques cantonales : nombre d'enquêtés de mars à août 2006, population en 2001 et travail frontalier en 2007. Sources : CEPS-Instead (enquête PSELL-3), Statec (recensement de la population), Administration des Contributions Directes.

Les analyses que nous mèneront ne chercheront donc pas la représentativité statistique, mais viseront à apporter une image des différentes tendances à partir d'une série de cas particuliers. La notion de particularisme est extrêmement importante dans notre démarche puisque les territoires d'étude diffèrent également au regard de la population et de l'emploi frontalier (tableaux 5.14 et 5.15), ou encore des fonctions métropolitaines, ces dernières concernant principalement la ville de Luxembourg (tableau 5.13).

Commune	Porte-monnaie	Travailleurs frontaliers	Pop. totale	Pop. étrangère	Pop. française	Pop. belge	Pop. allemande
Luxembourg	562	50395	76688	41154	6558	2803	2307
Bascharage	43	2545	6590	1652	296	267	76
Mamer	33	2362	6753	3040	435	484	243
Bettembourg	54	2805	9063	2852	349	146	118
Differdange	167	2532	18172	7733	662	282	145
Dudelange	151	4092	17320	5628	716	204	189
Esch-sur-Alzette	281	9810	27146	12084	1236	336	251
Kayl	64	444	7050	1967	183	81	48
Mondercange	36	3050	6089	1269	257	133	93
Pétange	136	3215	13749	5235	554	610	104
Roeser	38	1400	4457	1331	229	126	87
Rumelange	32	687	4309	1383	167	32	48
Sanem	98	1712	13041	3108	471	165	109
Schifflange	68	1439	7849	2167	252	88	79
Bertrange	43	4320	5514	2438	358	257	146
Hesperange	91	3132	10400	4203	694	272	300
Niederanven	49	3983	5439	2431	258	244	424
Strassen	45	2985	5901	2931	526	383	205
Mersch	47	633	7012	2351	182	189	166
Diekirch	36	1068	6068	2215	117	70	94
Ettelbrück	59	843	7344	2955	159	142	106
Mondorf	35	1525	3638	1353	311	104	108

Tableau 5.15 – Caractéristiques communales : nombre d'enquêtés de mars à août 2006, population en 2001 et travail frontalier en 2007. Sources : CEPS-Instead (enquête PSELL-3), Statec (recensement de la population), Administration des Contributions Directes.

5.3.3 Proximités territoriales et internationalisation des porte-monnaie

Tendances à l'échelle cantonale

La première AFC réalisée porte sur les répartitions des pièces luxembourgeoises, allemandes, françaises, belges et autres pièces d'origine étrangère de petites valeurs (1 et 2 cents), moyennes valeurs (5, 10 et 20 cents), et fortes valeurs (50 cents, 1 et 2 euros) dans les cantons luxembourgeois.

L'observation des valeurs propres associées aux différents axes nous permet de limiter notre interprétation à l'étude des deux premières composantes. En effet, l'AFC rend compte d'une structuration relativement marquée des données, les deux premières composantes permettant à elles seules d'expliquer plus de 70% de la variance totale contenue dans le tableau de contingence (figure 5.7).

L'observation du premier plan factoriel permet de comparer les positions des individus et

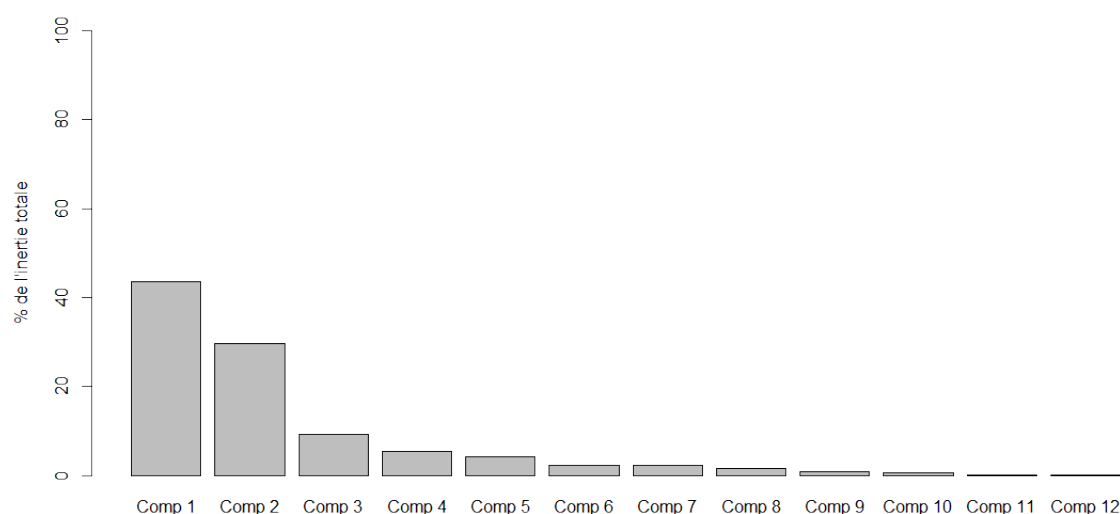


FIGURE 5.7 – Histogramme des valeurs propres de l'AFC portant sur les différentiels de présence des pièces euro entre cantons luxembourgeois.

des variables (figure 5.8).

Le premier axe rend compte d'une opposition entre cantons dans lesquels des pièces allemandes ont été plus fréquemment observées qu'ailleurs, et des cantons où ont été observées plus fréquemment des pièces françaises. Le second axe fait ressortir un contraste entre des cantons où des pièces hollandaises, et dans une moindre mesure des pièces belges, ont été observées, et des cantons où ont été recensés un plus grand nombre de 1 et 2 cents d'origine française, allemande, ou d'autres pays européens (hors Belgique et Pays-Bas). Les plus petites pièces sont, à l'exception de celles émises par les Pays-Bas, les plus éloignées du centre du plan factoriel, autrement dit celles qui créent le plus de différenciation entre cantons.

Le positionnement des cantons sur le premier plan factoriel fait ressortir indirectement leurs oppositions géographiques : sur l'axe premier les cantons occidentaux de Wiltz, Esch-sur-Alzette, Capellen et Diekirch s'opposent aux cantons orientaux d'Echternach, de Grevenmacher et de Remich. La seconde composante est elle construite sur une opposition entre cantons situés au nord du pays (Clervaux, Wiltz et Rédange) et cantons situés au sud du Luxembourg (Remich, Luxembourg campagne et ville, ou encore Esch-sur-Alzette).

L'importance première du positionnement géographique dans la distribution des divers types de pièces à l'échelle cantonale ressort également dans l'observation des coordonnées projetées des variables supplémentaires : les pièces d'origines hollandaises se retrouvent principalement dans le nord du pays (i.e. à une relativement grande distance de la France)

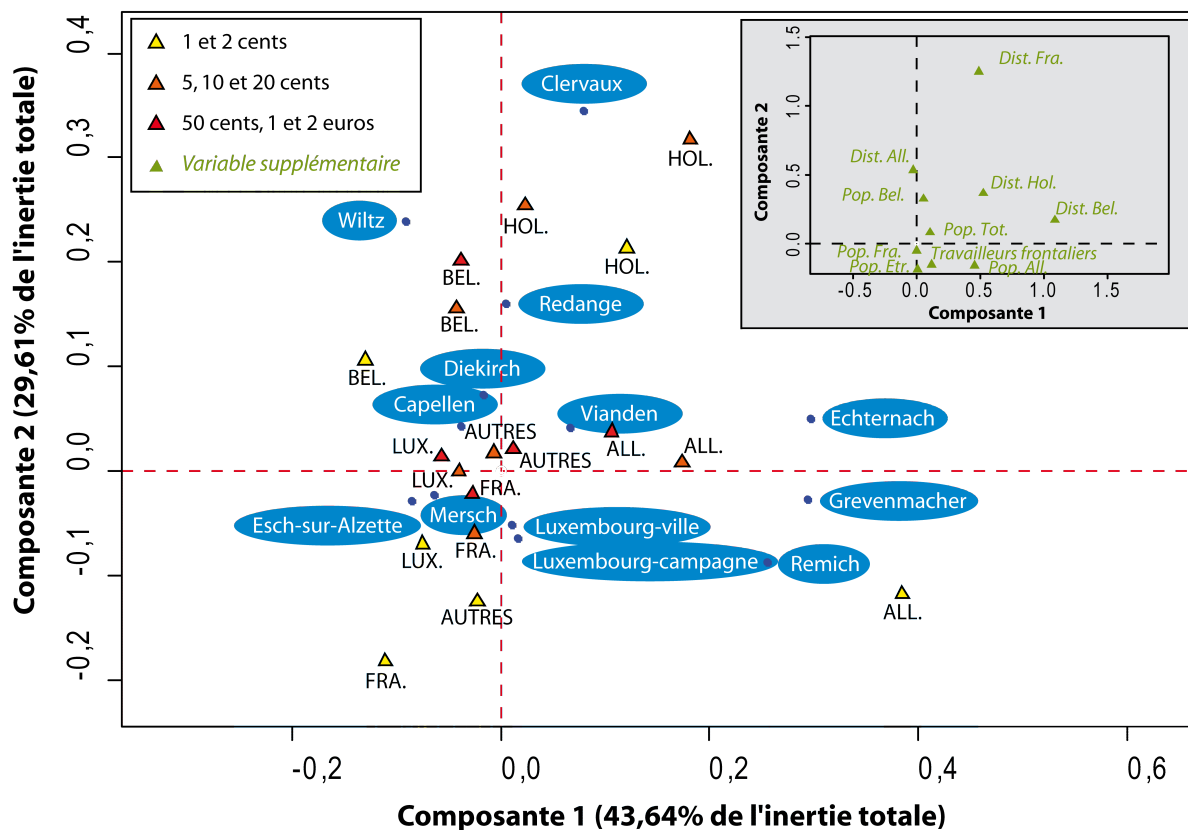


FIGURE 5.8 – Principales différenciations entre cantons luxembourgeois au regard des répartitions monétaires (pièces euro).

et dans des cantons où les résidents de nationalité belge sont plus nombreux qu'ailleurs.

Il ressort de ces analyses que, comme nous l'avons observé lors de l'étude portant sur le territoire français, les 1 et 2 cents semblent être un meilleur indicateur des mobilités de proximité, particulièrement importantes à l'échelle des cantons luxembourgeois, que les autres pièces.

Tendances à l'échelle communale

La définition de structures prépondérantes dans la répartition des types monétaires est moins évidente dans le cas des 23 communes luxembourgeoises étudiées que dans celui des cantons. En effet, les deux premiers axes ne parviennent à expliquer qu'environ 50% de l'inertie totale du nuage de points (figure 5.9).

Leur caractérisation, via l'étude des coordonnées des individus et des variables, reflète néanmoins une information moins triviale que celle donnée par l'étude des répartitions monétaires à l'échelle cantonale. En effet, le premier axe oppose les communes où les

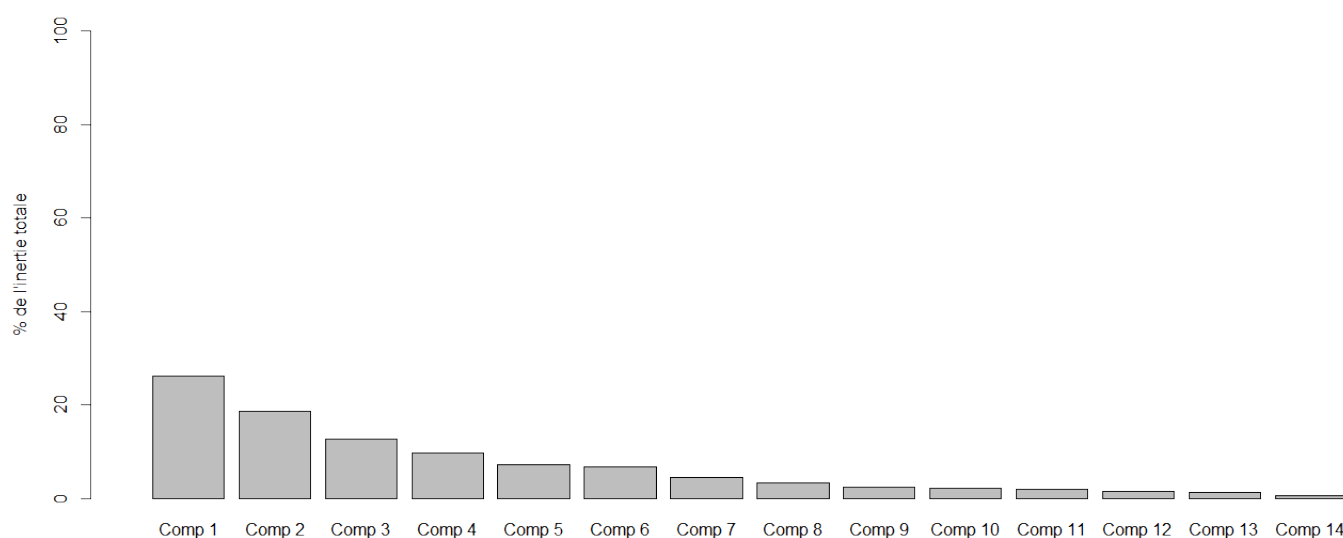


FIGURE 5.9 – Histogramme des valeurs propres de l'AFC portant sur les différentiels de présence des pièces euro entre communes luxembourgeoises (communes où plus de 30 porte-monnaie ont été observés entre mars et août 2006 dans les enquêtes PSELL-3 du CEPS-Instead).

pièces de faibles valeurs sont majoritairement luxembourgeoises à des communes où un nombre relativement important de pièces étrangères de valeur moyenne ou élevée a été recensé.

Le second axe isole quant à lui des communes où les petites pièces étrangères ont été plus fréquemment observées qu'ailleurs. Elles s'opposent notamment à des communes où sont sur-représentées les pièces luxembourgeoises. La qualité de marqueur des relations quotidiennes jouées par les pièces euro de faibles valeurs (1 et 2 cents) semblent confirmée par le fait que les communes où les petites pièces étrangères se trouvent sur-représentées sont des communes relativement attractives pour les travailleurs et migrants frontaliers. C'est par exemple le cas à Luxembourg-ville.

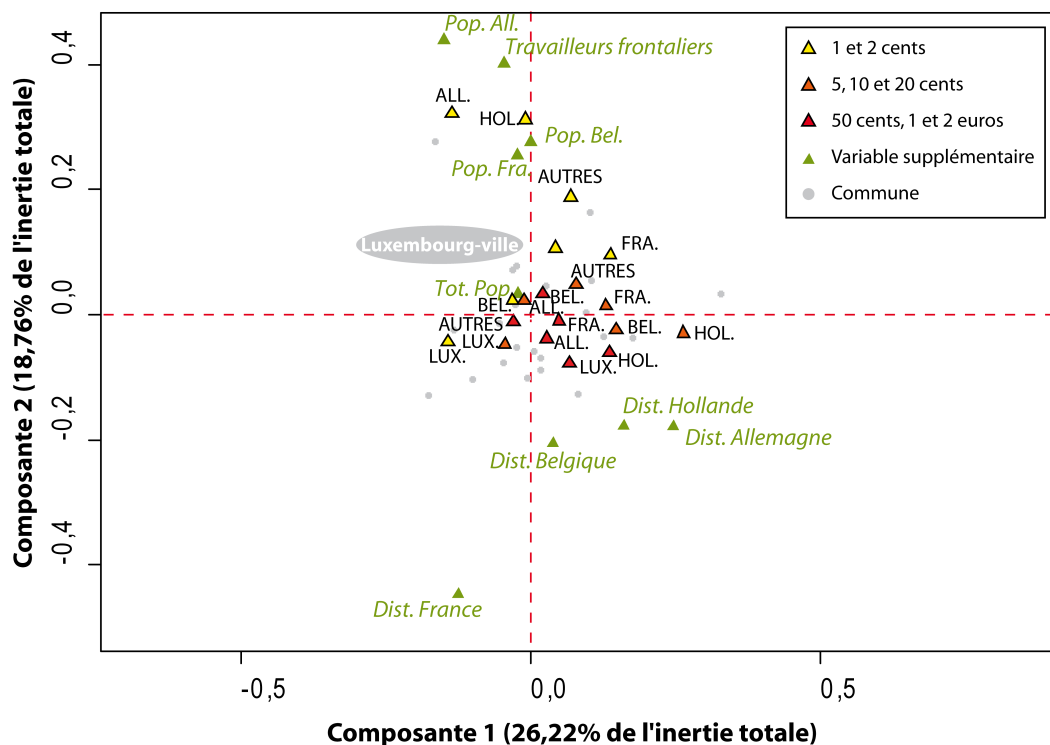


FIGURE 5.10 – Principales différenciations entre communes luxembourgeoises au regard des répartitions monétaires (communes où plus de 30 porte-monnaie ont été observés entre mars et août 2006 dans les enquêtes PSELL-3 du CEPS-Instead).

Conclusion du chapitre

L'idée directrice de ce chapitre était de mettre en évidence les facteurs territoriaux et socio-démographiques influant sur les différentiels d'internationalisation des porte-monnaie. Nous avons pour cela eu recours à des indices permettant de définir chacune des trois facettes du concept d'internationalisation définies dans le chapitre introductif : son intensité, sa diversité et sa portée.

En effet, nous avons fait l'hypothèse qu'ils nous apporteraient chacun une information particulière sur la mise en réseau des territoires et des individus au sein de l'espace européen. Nous avons ainsi pu montrer que les logiques sous-jacentes à la probabilité de posséder un nombre important de pièces étrangères étaient principalement le jeu d'effets de voisinage. L'analyse réalisée à l'échelle du Luxembourg a notamment montré qu'une présence relativement importante de pièces de faibles valeurs originaires d'un pays particulier est liée à des territoires transfrontaliers très actifs.

L'indicateur de diversité, que nous pensions révélateur de cosmopolitisme, est ressorti

comme le moins sensible aux effets du territoire et du porteur. L'observation de la répartition des différents types de pièces euro au Luxembourg a cependant permis de montrer que, si notre approche modélisatrice n'était pas parvenue à capter l'entière information contenue dans cet indicateur, il existait bien une corrélation entre la multiplicité des origines de pièces et les fonctions métropolitaines.

C'est pour l'indice mesurant la portée de l'internationalisation des porte-monnaie que l'ajout des variables socio-territoriales au modèle s'est avéré le plus bénéfique en termes de gain de pouvoir explicatif. La portée de l'internationalisation des porte-monnaie semble ainsi être un témoin pertinent de la capacité des acteurs territoriaux à se mettre en réseau avec des individus résidant dans des territoires éloignés.

Conclusion de la seconde partie

Le premier chapitre de la partie a permis de caractériser les effets triviaux de l'internationalisation des territoires. Aussi, les études des répartitions monétaires à l'échelle individuelle menées en France et au Luxembourg ont révélé que la caractérisation de comportements spécifiques ou exceptionnels ne peuvent s'observer sans tenir compte de la taille du porte-monnaie et du moment d'enquête. La distance à la frontière d'un des pays émetteur s'est également montrée être un facteur déterminant de l'arrivée de pièces étrangères sur le territoire.

D'autres facteurs permettent de mieux caractériser les raisons de la mise en lien de territoires :

- la saisonnalité des flux de pièces, qui fait ressortir des relations réticulaires liées au tourisme ;
- la sur-représentation de pièces étrangères de petites valeurs, qui permet de rendre compte des mobilités quotidiennes au sein d'espace transfrontalier ;
- la présence de pièces d'origines variées, qui semble témoigner de l'attractivité métropolitaine des territoires ;
- la présence relativement importante de pièces provenant de l'ensemble de la zone euro qui recoupe des espaces touristiques ou bien reliés aux grandes infrastructures de transport.

Des groupes socio-démographiques plus ou moins réceptifs à cette mise en relation des territoires se distinguent. Les jeunes étudiants se connectent plus facilement à longue

distance. Les artisans et commerçants se montrent bien internationalisés sur tous les critères. Les ouvriers, les agriculteurs et les retraités témoignent quant-à-eux d'une mauvaise connectivité à l'international. L'analyse des répartitions monétaires a également pu permettre de corroborer une autre différence de comportement de mobilité relevée dans la littérature : les différentiels genrés de degré d'internationalisation des porte-monnaie.

Comme l'a en outre illustré la cartographie des résidus du modèle complet (effets du porte-monnaie, du moment d'enquête, de la proximité aux frontières, et des caractéristiques du territoire de résidence et du porteur), l'analyse de la répartition monétaire semble également permettre d'identifier des réseaux de relations plus spécifiques et plus localisés.

Bien que partielle, l'image des lieux et acteurs de l'internationalisation des territoires rendue à travers les analyses menées dans cette partie permet de dégager de grandes tendances des facteurs d'internationalisation des territoires français et luxembourgeois. Nous en rendons compte dans la tentative de carte-schéma présentée ci-dessous (figure 5.11).

Après avoir exploré l'organisation spatiale de la mobilité internationale en France et au Luxembourg, nous allons chercher, dans la partie, suivante à en comprendre l'évolution au cours du temps. Il s'agira plus particulièrement de vérifier si les processus spatiaux mis en évidence dans le cadre de la modélisation empirique et statique entreprise dans cette partie se vérifient au sein d'un système dynamique. Cette dernière étape de validation de notre hypothèse de départ visera donc à confirmer le lien entre comportements de mobilité et circulation monétaire.

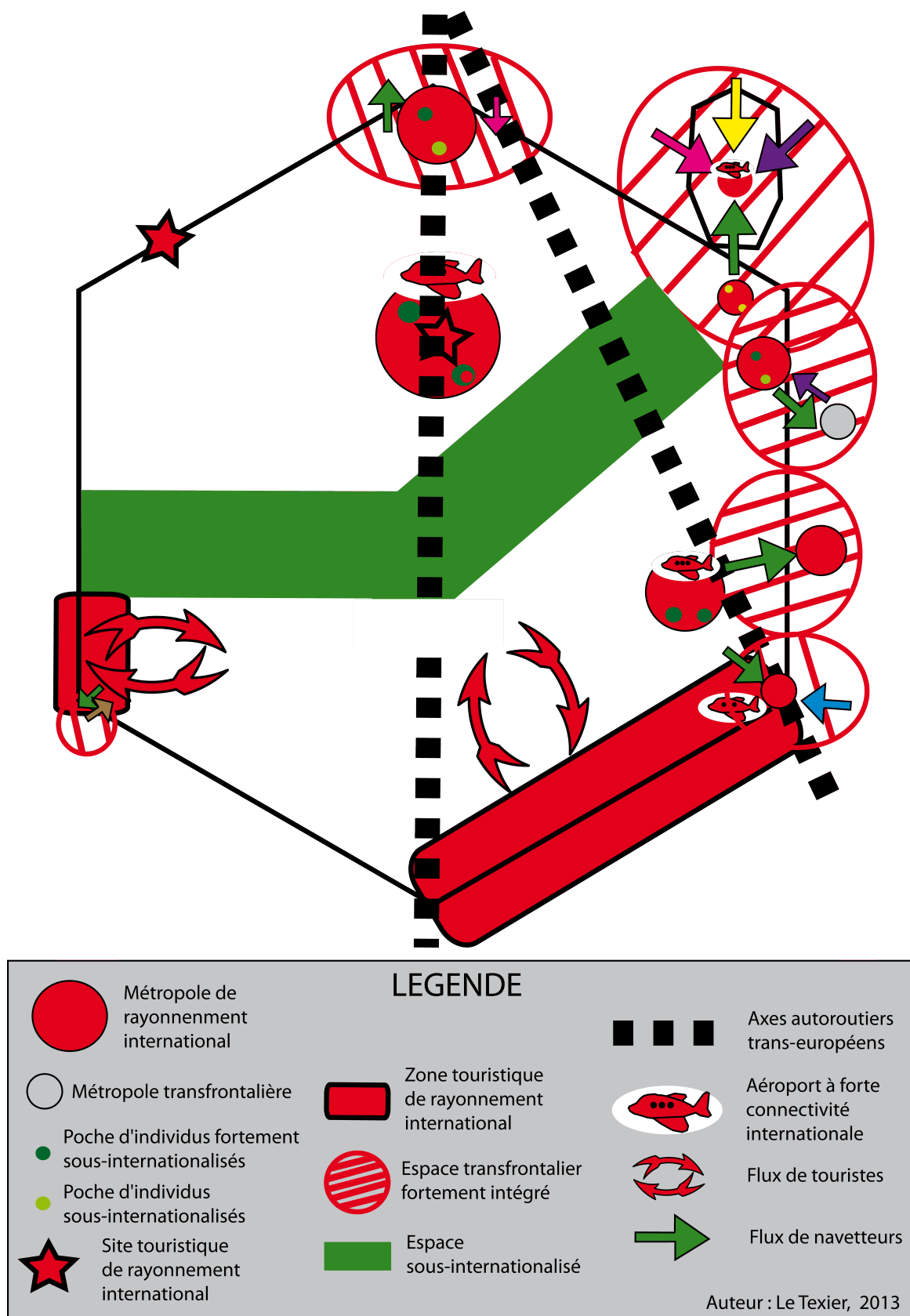


FIGURE 5.11 – Carte-schéma des types d'inscription spatiale des relations internationales en France et au Luxembourg

Troisième partie

Simulation de la diffusion des pièces
euro étrangères en France, Belgique,
Allemagne, Luxembourg et Pays-Bas

Introduction de la troisième partie

Prologue

Alors que l'avion descendait sur la ville, je ne pouvais m'empêcher d'absorber gloutonnement le paysage à travers le hublot. Je recherchais les formes communes, les éléments plus exotiques, quand mon regard se posa sur ce qui semblait être un îlot villageois en plein coeur de la nouvelle métropole. Les toits étaient plus bas qu'ailleurs, les rues plus étroites. Qui pouvaient bien vivre là ? Je m'imaginais une communauté d'agriculteurs qui avaient peu à peu été délogés de leurs terres afin de donner vie à la tentaculaire cité qui maintenant les étouffait.

Cette photographie n'a pas quitté mon esprit jusqu'à l'hôtel où je descendais pour quelques nuits : je voulais voir. C'était devenue une obsession curieuse.

Je suis donc partie à la recherche de ce quartier pittoresque. Ma quête était rendue compliquée par le fait qu'il n'était mentionné dans aucun guide, qu'aucun commerçant ou badaud ne semblait se figurer de quoi je parlais. Et puis, au détour d'une ruelle, après plusieurs heures de marche, je suis tombée face à ces maisons basses.

Cependant, animée, l'image qui m'était offerte dépeignait une histoire tout à fait différente de ce que je m'étais figuré. Quelle n'a pas été ma surprise en effet lorsque j'ai vu débouler des hordes de passants des minces ruelles. Gigantesque marché couvert, mon village à la vie tranquille était en fait l'un des centres névralgiques des résidents de la ville.

La différence peut en effet être grande entre les conclusions issues de l'analyse de représentations statiques d'un phénomène et celles amenées par une approche dynamique.

C'est pourquoi nous nous questionnerons dans cette partie sur la validité des hypothèses et résultats présentés en amont une fois intégrées les dimensions spatiales et temporelles des mécanismes de diffusion des pièces étrangères.

Rappelons que la première partie de la thèse a permis de situer notre travail dans le cadre plus général de l'étude des circulations internationales et des processus d'interaction sociale spatialisée en Europe. Nous y avons également expliqué pourquoi nous considérons que l'analyse de la circulation des pièces euro était une manière pertinente, mais compliquée, d'aborder la question.

Dans la seconde partie, nous avons cherché à dégager les effets principaux de la diffusion des pièces étrangères à partir de l'analyse de porte-monnaie de résidents français et luxembourgeois. Grâce à la formulation d'hypothèses issues de la littérature sur les phénomènes de diffusion des innovations et de mobilité internationale, nous avons dégagé quatre famille de facteurs d'internationalisation : les effets mécaniques de la diffusion des euros (nombre et valeur des pièces, durée de mise en circulation marquée par des effets saisonniers), les effets spatiaux (proximité aux frontières), les effets territoriaux (accessibilité aux grandes infrastructures de transport et attractivité touristique) et les effets sociaux (liés à l'activité et au genre). Les principaux résultats de cette modélisation empirique nous aideront à spécifier le système de relations et le niveau de simplification des mécanismes du modèle de simulation faisant l'objet de cette dernière partie.

Notre objectif est en effet de vérifier l'hypothèse centrale à la thèse, selon laquelle l'analyse des répartitions monétaires permet de retracer les circulations internationales des individus, par une modélisation dynamique du phénomène potentiellement complexe qu'est celui de la diffusion des euros. Nous espérons qu'elle permettra de mieux appréhender l'effet des interactions spatio-temporelles non-linéaires s'établissant au sein d'un système multi-niveaux où seront intégrées les interdépendances entre les échelles micro, méso et macro. Nous montrerons ainsi pourquoi l'approche des physiciens et mathématiciens présentée brièvement en chapitre 2 - et sur laquelle nous reviendrons plus en détails dans cette partie - ne permet pas d'estimer correctement la vitesse de diffusion des pièces en Europe, puisqu'elle ne tient compte ni des vecteurs de la diffusion (les individus via leurs mobilités), ni de son support (un espace hétérogène et non-isotrope qui structure la circulation des individus et des pièces).

Les chapitres présentés dans cette partie sont issus de publications à venir (Le Texier et Caruso 2014) ou que nous entendons soumettre à des revues de sciences régionales. Le positionnement théorique est donc orienté vers la géographie théorique et quantitative (et plus particulièrement vers l'analyse spatiale) ainsi que vers la nouvelle économie géographique, bien que des ponts importants soient faits avec la physique notamment. Nous souhaiterions profiter du cadre de cette introduction pour rapprocher le travail présenté

dans cette partie de la littérature portant sur la modélisation dynamique des phénomènes épidémiologiques. La thèse de Vincent Laperrière (2009) nous a en ce sens particulièrement éclairée sur la proximité conceptuelle et méthodologique de notre approche avec les modèles individus-centrés spatialement explicite simulant la diffusion d'une maladie transmissible.

Suivant les principes de simplification de l'approche KISS (*Keep It Simple, Stupid!*) préconisée par (Axelrod 1997) dont on retrouvait déjà l'idée dans Epstein et Axtell (1996), nous intégrerons pas à pas les différentes composantes du modèle (entités, attributs, relations et forme spatiale), celles-ci correspondant à autant d'hypothèses simplificatrices de la réalité du processus de diffusion des pièces euro.

Dans le chapitre 6 nous nous poserons plus particulièrement la question de l'effet de l'échelle de modélisation (approchée agrégée versus approche individu-centrée) sur la capacité du modèle à estimer la circulation des euros et à apporter une connaissance nouvelle sur la part explicative des différents facteurs de mobilité et d'échanges dans le processus de diffusion.

Le chapitre 7, qui clôturera cette partie et la thèse, aura une visée plus heuristique. Il cherche à comprendre comment la structure spatiale du système de simulation contraint l'image de la diffusion des euros aux différentes échelles. Une fois ces influences déterminées, nous confronterons les résultats des simulations avec les données empiriques. Cette dernière étape de validation du modèle sera néanmoins limitée spatialement du fait des contraintes liées à la disponibilité des données permettant la calibration et la validation du modèle. Elle portera sur l'Allemagne, la Belgique, la France, le Luxembourg et les Pays-Bas.

Des analyses de sensibilité seront menées à chaque nouvelle étape de complexification du modèle (chapitres 6 et 7) afin de comprendre comment il réagit à ces différents changements. Deux paramètres seront utilisés afin de mesurer l'influence de chaque étape de complexification sur les sorties du modèle : le premier rendra compte de la vitesse de diffusion des pièces aux niveaux macro et méso (lorsque ceux-ci seront intégrés au modèle) et le second analysera le degré d'incertitude des mesures (variations des estimations liées à l'existence de processus stochastiques dans les modèles individus-centrés).

Enfin, le choix du langage de programmation est une étape primordiale de la construction du modèle dynamique de la diffusion des euros. Les analyses et résultats des simulations présentés dans les chapitres 6 et 7 proviennent d'un modèle implémenté en Scala. Le choix de ce langage de programmation n'a pas été évident et a été réalisé à mi-parcours de la thèse. En effet, nous avons d'abord développé notre modèle en Scilab, un langage plus orienté vers la modélisation mathématique. Or, celui-ci a rapidement montré des limites en

termes de rapidité du calcul et de portabilité, eu égard aux nombreuses expérimentations dont nous avons besoin.

La rencontre avec Romain Reuillon, alors en post-doctorat en informatique à l'UMR Géographie-Cités dans le cadre du projet GeoDiversity, a été déterminante. Celui-ci nous a convaincus de l'intérêt de réécrire le modèle dans un langage informatique, Scala, permettant notamment le calcul distribué par le biais d'une grille de calcul disponible à l'Institut des Systèmes Complexes (ISC) auquel il était affilié. Son soutien tout au long du processus a été primordial. Nous avons notamment co-écrit la version en Scala du modèle, que nous souhaitons publier sur la plateforme S4 (Spatial Simulation for the Social Sciences) prochainement.

Introduction du chapitre

Les modèles économétriques réalisés dans la partie précédente ont montré que la diffusion des pièces au sein de la zone euro se faisait selon un schéma plus compliqué que celui d'un simple processus de diffusion par contagion depuis les frontières.

Comme nous l'avons expliqué précédemment, la spécificité de la diffusion des pièces euro tient au fait que nous n'observons pas directement leurs flux, mais la répartition de leurs différents types (origine et valeur) en différents lieux et points de temps. Ces répartitions résultent de la succession de transactions monétaires et de déplacements individuels aux origines et destinations variées. Aussi, tout comme dans le cas des modèles statistiques, la simulation dynamique de la circulation des euros pose la question du degré d'agrégation du processus de diffusion. Dans ce chapitre, nous chercherons donc à comprendre si, afin d'obtenir une représentation réaliste du processus de diffusion : (1) il est suffisant d'adopter un formalisme agrégé permettant une simulation à l'échelle des pays ou des régions à partir d'hypothèses d'interaction spatiale, ou bien si (2) chaque individu portant un porte-monnaie doit être modélisé au cours de ses déplacements et transactions ?

Dans une première partie, nous rappellerons brièvement les fondements des modèles d'interaction spatiale et discuterons des modèles de la diffusion des pièces pré-existants et de leurs postulats. Ces stratégies de modélisation soulèvent des questions fondamentales au regard du traitement du temps, de l'aléa et de l'agrégation des agents aux territoires. Dans

une seconde partie, nous présenterons quatre modèles simulant les processus conduisant à la circulation des euros dans une géographie simplifiée faite de deux pays, dont nous ferons l'analyse comparée dans une troisième partie. Certaines caractéristiques de ces modèles diffèrent : (1) l'échelle d'analyse, i.e., approches territoriales *versus* individuelles ; (2) la granularité temporelle i.e., asynchronie *versus* synchronie des processus de mobilité et d'échange ; et (3) la définition du processus d'échange par le nombre de pièces échangées dans chaque transaction. Nous analyserons la durée, l'existence et les caractéristiques d'un état d'équilibre dans le mélange des pièces à travers une simulation numérique. Nous mènerons ensuite une analyse de sensibilité aux valeurs des paramètres d'interaction spatiale des vitesses de convergence vers un état d'équilibre et des proportions de pièces étrangères atteintes. Enfin, nous proposerons un ajustement des modèles à l'empirie et offrirons une première approximation de la date à laquelle un mélange parfait serait atteint en France.

6.1 Méthodologie

6.1.1 Hasard, temps et comportements individuels dans les modèles d'interaction spatiale

L'observation des migrations de population au Royaume-Uni à la fin du dix-neuvième siècle par Ravenstein (1889) lui a permis de décrire les lois empiriques de l'interaction spatiale, lesquelles ont été formalisées par la suite par analogie aux lois de la gravitation physique (Reilly 1929; 1931, Stewart 1947, Huff 1964, Tobler 1970). De là, l'émergence de la théorie de l'interaction spatiale en tant que thème de recherche analysant la localisation et les flux de processus sociaux ou économiques a mis au coeur de son raisonnement le rôle de l'attractivité des lieux et de leurs distances relatives. Les modèles d'interaction spatiale ont alors évolué dans des directions variées (Roy 2004), dont trois sont particulièrement importantes pour notre étude : le traitement probabiliste, les dynamiques cumulatives, et l'intégration explicite des comportements individuels. Le travail présenté dans l'ensemble de ce chapitre s'inscrira dans la lignée de ces trois évolutions.

Aléa et stochasticité

Le traitement probabiliste a été introduit dans les modèles d'interaction spatiale par Huff (1964), dont les modèles - ayant pour objectif d'identifier des aires de marché théoriques au sein d'un ensemble de lieux centraux - ont inclus des distributions de probabilité conditionnelle à partir de leurs localisations relatives. Les modèles probabilistes ont ensuite été

popularisés par l'émergence de la théorie de l'utilité aléatoire et des modèles de choix discrets (Wegener 2000), et ce notamment par l'utilisation des modèles Logit multinomiaux (Nijkamp et Reggiani 1987).

Dans les modèles d'interaction spatiale, l'aléa est principalement intégré au moment du choix de la destination. Pour la diffusion des pièces, nous avons vu dans les chapitres précédents que ce choix ne correspondait pas à l'étape la plus aléatoire du modèle. Nous faisons l'hypothèse que le brassage des pièces résulte de deux séquences successives : (1) une étape de mobilité, i.e., des flux d'individus qui choisissent une destination ; et (2) une étape d'échange, i.e. des flux de pièces entre individus situés au même endroit à un moment donné. Cette dernière présente une plus grande probabilité d'être issue d'un processus aléatoire que ne l'est la mobilité, laquelle correspond à un choix rationnel fait par un individu poursuivant un objectif.

Dans le travail de modélisation présenté dans ce chapitre, nous contrôlerons la présence d'aléa dans le processus d'interaction spatiale en n'intégrant aucun choix de destination, puisque nous ne considérerons que deux lieux. Par conséquent, nous nous concentrerons uniquement sur la présence d'aléa au moment des échanges. Notre approche se veut ainsi plus proche des modèles épidémiques qui considèrent la probabilité à taux constant qu'un individu ait une interaction contagieuse au cours du temps (Andersson et Britton 2000).

Toutefois, même si nous choisissons de travailler dans un cadre simplifié de l'interaction spatiale, le fait d'intégrer un processus stochastique et un effet cumulatif dû à la répétitions des déplacements et des échanges pourrait faire de la diffusion des pièces un système complexe.

Dynamiques complexes

Les modèles gravitaires ont aussi évolué afin d'intégrer des dynamiques relatives aux systèmes complexes après les travaux de Allen et Sanglier (1979) et Wilson (1981). Également issue d'un transfert de concepts provenant de la physique, l'intégration de la « flèche du temps » (Prigogine et Stengers 1979, Haken 1977) dans l'analyse des systèmes de villes a permis l'émergence des principes d'auto-organisation au sein de processus géographiques (Pumain 1998) ou économiques (Arthur 1988). Une attention particulière a été portée sur les dynamiques non-linéaires, les irréversibilités et les dépendances de trajectoire (O'Sullivan 2004, Guermond 2008). Ces effets temporels et cumulatifs ont été considérés dans des domaines variés, tels que l'économie des transports et l'économie urbaine, la géographie urbaine, ou les migrations inter-régionales (Anas 1983, White 1977; 1978, Allen et Sanglier 1979, Wilson 1981, Pumain *et al.* 1989, Allen et Sanglier 1981, Weidlich et Haag 1988, Aziz-Alaoui et Bertelle 2009), et à diverses échelles géographiques.

L'analyse des systèmes cherche à comprendre pourquoi et comment un système peut ou non atteindre un état stable, et l'entropie est alors régulièrement utilisée comme mesure du degré d'organisation du système (Wilson 1967; 1970). Dans les cas les plus simples, les interactions entre agents localisés amènent à des situations stables dans lesquelles les descripteurs du système agrégé ne changent pas ou aboutissent à des dynamiques lentes. Cependant, la structure du système qui en résulte, bien que stable, se trouve souvent être très sensible aux valeurs des paramètres d'entrée (Bretagnolle *et al.* 2003). Les situations instables s'observent, quant à elles, à travers des fluctuations internes au système et à une sensibilité par rapport à des perturbations externes à celui-ci. Des interactions non-linéaires peuvent conduire à des séries de bifurcations et à des trajectoires extrêmement irrégulières, ne laissant aucune possibilité de prédéterminer un point d'équilibre ou d'autres attracteurs (Wilson 1981, Allen et Sanglier 1981, Allen 1997, Wilson 2002, Bretagnolle *et al.* 2003). De plus, s'il est possible de trouver des propriétés mathématiques de convergence vers un état stable comme les lois d'échelle (Batty 2008), ces relatives stabilités et régularités à l'échelle macro peuvent être couplées avec un haut niveau de volatilité à l'échelle micro (en termes de villes ou d'entreprises, par exemple) (Portugali 2000, Pumain 2003, Pumain *et al.* 2009).

En outre, les relations de causalité au sein d'un système géographique peuvent créer des contrastes de plus en plus importants entre les unités spatiales ; entraînant le système loin d'une situation d'entropie maximisée (Berry 1964). En éconophysiques, un tel comportement a été observé dans la distribution de la richesse. Il a, en effet, été montré que des transactions monétaires successives entre agents réalisées dans un système clos atteignent un équilibre thermodynamique avec une distribution de Boltzmann-Gibbs (Dragulescu et Yakovenko 2001). Dans les systèmes d'échanges de population ou économiques, il a également été montré que la vitesse de convergence dépend du degré de mobilité (Rappaport 2004), de la fréquence des interactions (Busnel *et al.* 2008), mais aussi des différences observées entre lieux à l'état original, comme l'illustre l'exemple de la convergence économique entre pays (Barro et Sala-i Martin 1992).

Dans le cas de la diffusion des pièces euro - laquelle correspond à un processus de brassage - l'évolution des données empiriques entre 2002 et 2012 laisse envisager le fait que le système deviendrait de plus en plus homogène avec le temps. Nous faisons ainsi l'hypothèse que le processus de brassage atteindra une fin, correspondant au moment où chaque lieu abritera les mêmes proportions d'origines de pièces que celles observées pour leur production. Il n'y a, en effet, aucune raison apparente de penser que leur diffusion soit réversible et pourrait, par exemple, revenir à 100 % de pièces nationales dans chaque pays après avoir atteint un certain état de mélange. S'il y a quelques actions de redistribution de la part des Banques Centrales, le système est largement ascendant, puisque conduit par des millions

d'échanges entre individus. Par conséquent, nous nous attendons à observer un processus irréversible et une certaine forme de convergence. Mais nous ne savons pas, *a priori*, si des trajectoires complexes peuvent également être observées du fait de dépendances historiques. De la même manière, certaines régions peuvent adopter un comportement spécifique du fait de leur localisation relative, d'une population plus faible, ou d'autres facteurs locaux. Ces dernières considérations feront l'objet du chapitre suivant. Nous nous limiterons ici à une structure géographique simplifiée.

Choix individuels et comportements agrégés

Les modèles spatiaux agrégés décrivent directement les mécanismes d'un système et ses évolutions sous une forme analytique *ad hoc* et par une série limitée de variables d'états (Weidlich 2003). Une telle stratégie de modélisation vise l'obtention d'indicateurs sur le comportement du système, mais également d'un ensemble de clefs d'interprétation sans nécessiter de simulations (Edwards *et al.* 2003). L'objectif principal d'un modèle agrégé est ainsi de comprendre l'évolution d'un phénomène de façon globale, plutôt que ses dynamiques internes (Sanders 2007). Des hypothèses sur les comportements individuels peuvent toutefois être intégrées à un niveau supérieur, comme il en est par exemple le cas dans le modèle synergétique de migrations internationales développé par Weidlich et Haag (1988).

Néanmoins, le formalisme des modèles agrégés requiert souvent une importante simplification du système analysé ; dans les modèles d'interaction spatiale, cette simplification est intégrée à travers l'hypothèse d'agents homogènes et rationnels (Roy et Less 1981). Les interactions élémentaires des composants individuels au sein du système peuvent cependant montrer des dynamiques collectives qui questionnent la capacité d'une modélisation à base d'équations à appréhender le comportement macroscopique d'une multitude de systèmes dans de nombreux domaines, incluant la chimie, la biologie, la finance et les sciences sociales (Shnerb *et al.* 2000, Gilbert et Troitzsch 2011). Les interactions s'établissant aux niveaux élémentaires sont, en effet, responsables de la création de processus intermédiaires ou globaux qui peuvent être assez importants pour venir contredire les descriptions et conclusions réalisées au niveau macroscopique (comme dans le modèle de Lotka-Volterra). Le concept d'émergence, s'appuyant sur l'idée que la compréhension d'un phénomène macroscopique nécessite de comprendre le comportement des éléments les plus élémentaires du système (Solé *et al.* 1999), est ainsi souvent privilégié par les modélisateurs (Gil-Quijano *et al.* 2012). Comparés aux modèles agrégés, les modèles individus-centrés sont également perçus comme plus aisément applicables à des questionnements empiriques, puisqu'ils sont plus souvent fondés dans le cadre d'une approche heuristique visant la pré-

diction (Bretagnolle *et al.* 1999). Ils se heurtent cependant souvent à l'impossibilité de pouvoir trouver des preuves causales pour les processus macroscopiques observés.

En sciences humaines et sociales, l'une des premières tentatives d'intégration d'individus dans un modèle est due à Orcutt (1957), qui implémenta des caractéristiques comportementales au niveau individuel (mais aussi à celui des ménages) afin de comprendre des règles macroéconomiques. Dans le contexte particulier de la diffusion spatiale, l'idée remonte aux travaux d'Hägerstrand, qui modélisa différents niveaux hiérarchiques de la société, en incorporant notamment des contraintes temporelles et spatiales pesant sur les individus (Hägerstrand 1970; 1952). De nombreux modèles tiennent effectivement compte de mécanismes agissant à des échelles variées, notamment en géographie (Sanders 2007), afin de révéler les interactions entre échelles (White *et al.* 1997, Quijano *et al.* 2007). Toutefois, la complexité de ces interrelations peut en rendre l'analyse impossible ; une solution vise alors à considérer uniquement le système à son niveau le plus désagrégé. Dans le domaine de la recherche sur les transports, la désagrégation des modèles au niveau des individus ou des ménages offre un moyen direct d'inclure explicitement la question du coût dans le choix d'une activité ou d'un déplacement, à l'opposé de la « physique » *ad hoc* des modèles agrégés d'interaction spatiale (Lerman 1979, Kitamura 1984b;a).

Il est difficile de théoriser ou d'avancer de nouveaux faits sur la manière dont les individus se comportent avec les pièces ou sur les nombreuses transactions monétaires que ceux-ci peuvent avoir. Les porte-monnaie peuvent être sondés à des intervalles de temps réguliers, mais les échanges de pièces ne peuvent, eux, pas être enquêtés. Les comportements individuels qui peuvent être modélisés sont par conséquent très simplistes, et le hasard jouer alors un très grand rôle. Malgré ces contraintes, il est intéressant d'étudier les comportements individuels. Dans les modèles de simulation que nous développerons par la suite, les agents auront leur propre porte-monnaie, qu'ils transporteront avec eux lorsqu'ils se déplaceront, et dont le contenu changera après chaque transaction monétaire. Comme il a déjà été dit, nous ne considérons dans un premier, pour simplifier, que les déplacements entre deux pays. Aussi le choix du lieu de destination n'entre-il pas en compte dans les analyses proposées dans ce chapitre, mais des versions agrégées et désagrégées du moment de l'échange monétaire sont développées dans un objectif comparatif.

6.1.2 Modèles de simulation de la diffusion des pièces

Ainsi que nous en avons discuté dans la première partie de cette thèse, il existe deux courants de la littérature sur la modélisation de la diffusion des pièces. La première approche considère la circulation des pièces comme un processus de migration spatiale entre des points d'origine et de destination. Elle cherche à comprendre quels types d'individus et de lieux contribuent à faire circuler les pièces à travers les frontières, et s'il existe des barrières à cette circulation. C'était notamment l'approche adoptée dans la seconde partie de la thèse. La seconde approche s'inspire de l'épidémiologie - l'épidémie étant alors représentée par la présence de pièces étrangères dans un pays. Bien entendu, les pièces ne sont pas strictement analogues à des maladies ou à des vecteurs biologiques puisqu'elles ne peuvent pas se reproduire ; cependant, leur processus de diffusion partage des similarités avec les épidémies, étant donné que les deux résultent de la mobilité des individus et des contacts qu'ils établissent.

Les pièces euro ont en effet attiré l'intérêt des chercheurs car il s'agit d'un exemple unique de processus de diffusion pour lequel l'état initial est parfaitement connu (toutes les pièces étaient localisées dans leurs pays d'émission au 31 décembre 2001). Aussi est-il potentiellement possible de déterminer si le mouvement des pièces suit une loi théorique particulière, et de prédire la date à laquelle un brassage parfait des différentes origines de pièces pourrait être atteint. Pour les physiciens et les mathématiciens évoqués au chapitre 2, le mélange parfait correspond théoriquement à l'état final où la proportion de chaque type de pièces serait identique entre les pays et resterait stable. Cette proportion devrait, en outre, correspondre aux proportions observées dans la production des pièces.

En physiques, il est attendu que la diffusion d'un phénomène entre deux lieux se réalise par le biais d'une dispersion partant de l'endroit où les concentrations les plus fortes sont observées pour se diriger vers l'endroit où elles le sont le moins fortement, comme dans le cas de la diffusion de particules ou de chaleur, par exemple. Utilisant des chaînes de Markov, van Blokland *et al.* (2002), Stoyan (2002), Stoyan *et al.* (2004), Seitz *et al.* (2009), et Seitz *et al.* (2012) ont conçu des modèles où chaque pays est caractérisé par sa proportion de pièces étrangères et dans lesquels l'entropie est mesurée à travers le temps. Ces proportions évoluent en fonction de probabilités de transition inégales entre les pays.

Utilisant ce formalisme pour le cas de l'Allemagne, le mélange parfait était attendu pour 2012 (Stoyan 2002, Stoyan *et al.* 2004, Seitz *et al.* 2009). Dans un système ouvert tenant compte de la circulation des pièces hors de la zone euro, de l'épargne et des pertes, mais également de la production de nouvelles pièces, le mélange parfait n'est alors plus attendu avant 2050 (Seitz *et al.* 2012).

Trois postulats clefs sous-tendent ces modèles, dont les effets sur l'évolution du système

figurent au coeur des analyses de ce chapitre. Tout d'abord, ces modèles sont agrégés, puisque définis à l'échelle des pays, mais ne questionnent pas la pertinence et l'effet du choix de cette échelle de modélisation. En second lieu, les pièces disponibles dans un lieu donné ne dépendent que des transactions effectuées à l'étape précédente et non d'une répartition monétaire actualisée, afin de tenir compte de la monnaie réellement disponible dans les différents lieux une fois les déplacements individuels effectués¹. La mobilité et les échanges sont donc définis de manière synchrone. Enfin, ces auteurs décrivent l'échelle comme un processus uni-directionnel, puisque seuls les visiteurs voient leurs porte-monnaie se modifier à la suite des transactions. L'étude des effets de ces trois postulats est réalisée par le biais d'une définition de quatre stratégies de modélisation des transactions monétaires différenciées et de leur comparaison.

Les géographes ont eu tendance à employer une stratégie de modélisation différente, laquelle n'est pas dynamique mais tient à la fois compte des effets de populations et de la distance sur la présence de pièces étrangères en France, tout comme dans les modèles gravitaires. Berroir *et al.* (2005) utilisent une stratégie similaire afin d'identifier des effets de barrières à la diffusion des pièces françaises en Belgique et belges en France. Grasland *et al.* (2005a) adoptent, quant à eux, une perspective dynamique proche des modèles markoviens décrits précédemment mais qui s'en distingue toutefois par la prise en compte de la distance entre les lieux : la probabilité qu'une pièce se déplace vers une ville particulière est définie à partir de taux de transition, lesquels décroissent avec la distance à la frontière. Le mélange des pièces est donc analysé en fonction de cette distance. Les auteurs montrent que même une zone frontalière très active peut conduire à un faible niveau de pénétration de pièces étrangères après un certain nombre d'itérations, puisque les pièces vont et viennent continuellement de part et d'autre de la frontière. En comparaison des précédents modèles dynamiques, Grasland *et al.* (2005a) obtiennent un meilleur ajustement aux taux de mélange observés en France, et dans le reste de l'Europe.

Ainsi, en plus de notre volonté de vérifier les implications de trois postulats sous-jacents à l'utilisation de chaînes de Markov, notre approche de modélisation intégrera explicitement les hypothèses d'interaction spatiale de Grasland et Guérin-Pace (2003) et Grasland *et al.* (2005a). Nous analyserons la sensibilité des sorties du modèle à la variation des tailles de

1. Si l'on reprend l'exemple de la définition du stock de pièces allemandes en Allemagne à un temps t donné par ces modèles (voir par exemple Seitz *et al.* (2009, p.3)), l'équation donnée est :

$$\begin{aligned} \text{Nombre de pièces allemandes en Allemagne}(t) = & \text{Nombre de pièces allemandes en Allemagne}(t-1) \\ & - p_{\text{Allemagne}} \text{Nombre de pièces allemandes en Allemagne}(t-1) \\ & + p_{\text{Etranger}} \text{Nombre de pièces allemandes à l'étranger}(t-1) \end{aligned}$$

, p désignant la probabilité de transition.

population et le taux de mobilité transfrontalière.

6.2 Modèles

6.2.1 Définitions et hypothèses générales

Éléments du système

Le modèle général utilise une structure géographique simple faite de deux pays et de flux représentant les déplacements individuels entre les deux lieux. Dans le chapitre suivant, une structure géographique plus réaliste sera utilisée incluant différentes régions composées de population de tailles et d'attributs variés afin d'enrichir notre approche et de faciliter l'introduction de différents types de mobilité. L'utilisation d'une configuration spatiale simplifiée dans ce chapitre a pour objectif de concentrer nos analyses sur l'impact des différents postulats de modélisation mentionnés ci-dessus.

Le système géographique consiste donc en deux pays, a et b , respectivement dotés d'une population globale P_a et P_b . Au sein de chacune de ces populations, une partie est mobile, M_a et M_b ; le reste est immobile, au sens où elle ne se déplace pas en dehors de son pays de résidence. Les agents immobiles participent néanmoins aux échanges monétaires. Les taux de mobilité dans chaque pays sont définis par $m_a = \frac{M_a}{P_a}$ et $m_b = \frac{M_b}{P_b}$.

Chaque pays produit un certain nombre de pièces (une pièce par individu) arborant un symbole spécifique. A et B désignent le nombre total de pièces émises par chacun des deux pays qui sont disponibles dans le système. A_a^t , B_a^t , A_b^t et B_b^t correspondent respectivement au nombre de pièces (A , B) situées dans un pays (a , b) au temps t . Les conditions initiales sont telles que A et B ne sont distribuées qu'au sein de la population de leur pays d'émission. Au commencement du système, on observe donc que $A_a^{t_0} = A$; $A_b^{t_0} = 0$; $B_a^{t_0} = 0$; $B_b^{t_0} = B$, ce qui décrit la zone euro au moment de la mise en circulation de la monnaie unique le 1er janvier 2002.

Nous définissons le stock de pièces disponible dans chaque pays au temps t en fonction de leurs lieux d'émission en termes relatifs : α_a (et, respectivement, β_a , α_b , β_b) indiquant la proportion de pièces A (et respectivement de pièces B) au sein des pièces situées en a ou

b au temps t (de manière à ce que $\alpha_a^t + \beta_a^t = 1$ et de façon équivalente pour b) :

$$\alpha_a^t = \frac{A_a^t}{A_a^t + B_a^t} \quad (6.1)$$

$$\beta_a^t = \frac{B_a^t}{A_a^t + B_a^t} \quad (6.2)$$

$$\alpha_b^t = \frac{A_b^t}{A_b^t + B_b^t} \quad (6.3)$$

$$\beta_b^t = \frac{B_b^t}{A_b^t + B_b^t} \quad (6.4)$$

Nous attachons un intérêt particulier aux valeurs de α_b et β_a , celles-ci indiquant le taux de pièces étrangères dans chaque pays. Pour rappel et à titre d'exemple, dix ans après la mise en circulation des pièces euro, la part de pièces étrangères en France était de 35% (Grasland *et al.* 2012), alors qu'elle était de 75% aux Pays-Bas (Eurodiffusie 2011).

Dans notre modèle, le système est fermé. Chaque pays produit une pièce par individu et il n'y a pas de nouvelles productions ou de pertes de pièces, ce qui signifie que :

$$A_a^t + B_a^t = P_a \quad (6.5)$$

$$A_b^t + B_b^t = P_b \quad (6.6)$$

Enfin, nous considérons que chaque individu mobile se déplace vers le pays voisin à chaque pas de temps et participe à une transaction monétaire une fois arrivé à destination, mais également une fois rentré dans son pays de résidence. Ainsi, pour un agent mobile, un pas de temps consiste en quatre actions successives : (1) un déplacement, (2) une transaction, (3) un déplacement et (4) une transaction. A l'inverse, pour un agent immobile, un pas de temps ne consiste qu'en une succession de transactions.

Trois hypothèses supplémentaires sous-tendent le processus de brassage des pièces. Premièrement, les transactions monétaires peuvent être définies soit comme unidirectionnelles, soit comme bidirectionnelles. Autrement dit, à chaque transaction il peut n'y avoir qu'un donneur et un receveur, mais l'échange peut aussi impliquer que chaque individu donne et reçoive des pièces. En second lieu, les transactions et les mobilités individuelles peuvent être définies de manière synchrone ou asynchrone. Il est, en effet, possible de considérer, comme dans les modèles cités précédemment, que les agents se déplacent et participent en même temps à des transactions, ou bien qu'ils le font de manière séquentielle. Dans le premier cas, on considère que les agents mobiles ne peuvent échanger de la monnaie qu'avec des habitants du pays qu'ils visitent ; dans le second cas, les individus et les pièces disponibles dans un pays sont redéfinis après leurs déplacements. Enfin, chaque

individu peut interagir avec un ou plusieurs individus. De l'hétérogénéité peut ainsi être introduite dans la quantité de transactions auxquelles un individu participe.

Vitesse de convergence, valeurs à l'équilibre et mélange parfait

Ce chapitre comprend une analyse qui examine à la fois comment le mélange des pièces se réalise au cours du temps, et s'il converge ou non vers un équilibre. Notre attention porte sur la proportion de pièces étrangères dans chacun des deux pays à l'état d'équilibre - i.e., β_a^* et α_b^* , que nous définissons par : $\beta_a^* = \lim_{t \rightarrow \infty} \beta_a(t)$ et $\alpha_b^* = \lim_{t \rightarrow \infty} \alpha_b(t)$. Nous nous attendons à un équilibre statique, dans lequel les propriétés du système resteront inchangées au cours du temps. Le point d'équilibre de β_a est tel que $\forall t \in N$, $\beta_a^{t+1} = \beta_a^t$ (respectivement pour α_b). Nous indiquons par t^* le moment à partir duquel ces asymptotes sont atteintes. Évidemment, t^* est le même pour les deux pays.

Par la simulation, il est en effet possible d'analyser l'existence et les caractéristiques d'un équilibre au sein de ce système simplifié, tout comme le temps nécessaire pour l'atteindre. Ce processus est présenté dans la sous-partie suivante. En amont des considérations sur la convergence, et indépendamment de la solution d'équilibre, le mélange parfait est défini comme l'état où $\alpha_a = \alpha_b$ et, de la même manière, $\beta_a = \beta_b$. Comme les proportions de α et β sont complémentaires, nous pouvons définir le mélange parfait en utilisant nos deux variables d'intérêt : $\beta_a = 1 - \alpha_b$.

6.2.2 Ensemble de modèles

Nous avons conçu un ensemble de trois modèles, le dernier étant lui-même subdivisé en deux variantes. Les modèles *I* et *II* sont agrégés, au même niveau que ce que l'on trouve dans la littérature - c'est-à-dire que des porte-monnaie moyens sont calculés au moment de l'échange. Les modèles *IIIa* et *IIIb* sont désagrégés - autrement dit, les transactions sont définies à l'échelle des porte-monnaie individuels.

Pour tous les modèles, des simulations numériques ont été entreprises afin d'appréhender le processus de diffusion et les effets cumulatifs. Des propriétés analytiques peuvent être dérivées du premier modèle en utilisant un formalisme en temps discret ou continu (voir les démonstrations faites en annexes E). Une analyse approfondie et continue du modèle et sa comparaison avec les résultats numériques se trouve toutefois hors des enjeux du travail présenté dans ce chapitre.

Modèle I

Le modèle *I* décrit l'échange comme un processus agrégé et unidirectionnel, conformément aux modèles proposés par Stoyan (2002), Stoyan *et al.* (2004) et Seitz *et al.* (2009) : le mélange des pièces résulte uniquement des déplacements à l'étranger et est unidirectionnel. L'échange unidirectionnel s'applique difficilement à des situations de la vie réelle puisqu'il considère qu'aucune pièce n'est reçue par les populations locales accueillant les visiteurs. Le porte-monnaie des agents immobiliers restant inchangé au moment de cette première étape d'échanges, la monnaie disponible pour les transactions monétaires au lieu de destination des agents mobiles recevant l'argent peut directement être décrite par (A_i, B_i) . La mobilité et les échanges sont donc synchrones : à chaque pas de temps t , les agents mobiles se déplacent hors de leur lieu de résidence, puis participent à une transaction monétaire. Ils ramènent chez eux une proportion de pièces A et B qui correspond à la proportion de chaque type de pièces qui se trouvait dans le lieu de destination avant leur arrivée.

Le stock de pièces A (et respectivement B) disponibles dans le pays a (et respectivement b) à la fin du pas de temps est alors définie comme :

$$A_a^{t+1} = (1 - m_a)P_a\alpha_a^t + m_aP_a\alpha_b^t \quad (6.7)$$

$$B_a^{t+1} = (1 - m_a)P_a\beta_a^t + m_aP_a\beta_b^t \quad (6.8)$$

$$A_b^{t+1} = (1 - m_b)P_b\alpha_b^t + m_bP_b\alpha_a^t = A - A_a^{t+1} \quad (6.9)$$

$$B_b^{t+1} = (1 - m_b)P_b\beta_b^t + m_bP_b\beta_a^t = B - B_a^{t+1} \quad (6.10)$$

Chaque équation est constituée de deux parties : la première rend compte des porte-monnaie non transformés des $(1 - m_a)P_a$ et $(1 - m_b)P_b$ agents immobiliers, et la seconde du nombre de pièces se déplaçant de a vers b (ou de b vers a), puisque emportées par les m_aP_a et m_bP_b agents mobiles lors de leurs voyages retour.

Le schéma présenté figure 6.1 résume graphiquement les principales étapes réalisées au cours d'un pas de temps du modèle *I*.

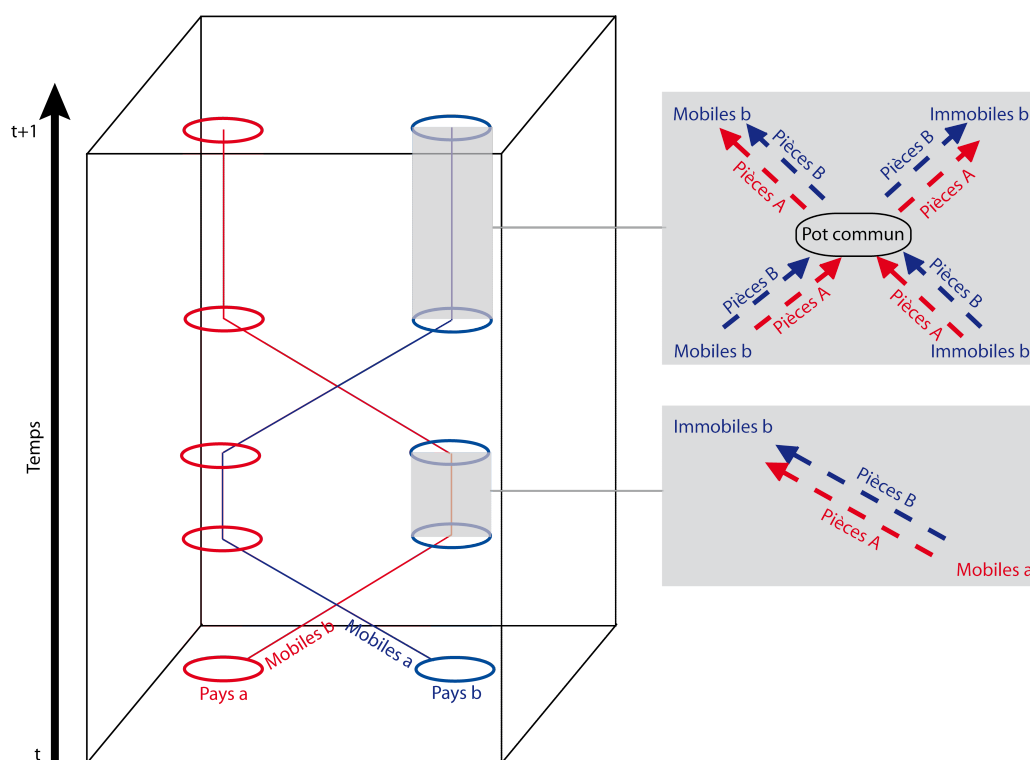


FIGURE 6.1 – Trajectoires de mobilité et interactions monétaires spatio-temporelles dans le modèle I .

Modèle II

Dans la vie quotidienne, l'acheteur et le vendeur peuvent tous deux recevoir des pièces de monnaie lors d'une transaction. Nous avons ainsi adapté le modèle *I* afin de tenir compte du fait que les transactions monétaires peuvent être bi-directionnelles. Ce type de transactions peut servir à décrire la monnaie échangée entre un acheteur et un commerçant, mais aussi les additions et pourboires, les dépenses communes, etc. Aussi, bien qu'il n'en soit pas toujours le cas, les individus mobiles et immobiles qui se rencontrent peuvent, en moyenne, à la fois donner et recevoir de la monnaie. Le modèle *II* intègre donc l'idée que tous les agents présents en un lieu donné à un moment donné ont la même probabilité de recevoir une pièce d'un agent mobile en visite ou d'une personne y résidant. Ce processus d'échange bi-directionnel nécessite que l'ensemble des pièces disponibles en un lieu soit mis à jour une fois que les agents mobiles ont effectué leurs déplacements, et préalablement au processus de transaction.

Comme le modèle *II* est à la fois agrégé et bi-directionnel, il suppose automatiquement que les déplacements des agents et les transactions sont asynchrones - tous les agents mobiles se déplacent ensemble afin de faire contribuer leurs pièces au pot commun disponible à destination et participent aux échanges avec les résidents du lieu visité, puis rentrent chez eux d'un même mouvement avec un porte-monnaie défini par ce stock intermédiaire moyen.² Le stock intermédiaire moyen décrit le stock de pièces une fois les agents mobiles arrivés à destination.

Dans le modèle *II*, nous définissons au sein de chaque pas de temps une mise à jour des stocks de pièces disponibles dans les deux pays après que les individus mobiles se soient déplacés :

$$\bar{A}_a^t = (1 - m_a)P_a\alpha_a^t + m_bP_b\alpha_b^t \quad (6.11)$$

$$\bar{B}_a^t = (1 - m_a)P_a\beta_a^t + m_bP_b\beta_b^t \quad (6.12)$$

$$\bar{A}_b^t = (1 - m_b)P_b\alpha_b^t + m_aP_a\alpha_a^t \quad (6.13)$$

$$\bar{B}_b^t = (1 - m_b)P_b\beta_b^t + m_aP_a\beta_a^t \quad (6.14)$$

Aussi, les proportions de chaque origine de pièces disponibles pour les transactions mo-

2. Un modèle définissant des échanges bi-directionnels mais synchrones aux mobilités dépeindrait une situation dans laquelle l'ensemble monétaire disponible dans chaque lieu serait recalculé une fois les individus mobiles arrivés à destination. Cependant, les agents mobiles ne pourraient échanger qu'avec les agents immobiles du pays de destination. Par conséquent, ils retourneraient chez eux avec le même porte-monnaie que dans le modèle *I*. En outre, si les locaux sont également des receveurs, ils ne peuvent cependant recevoir que le même porte-monnaie que s'ils s'étaient déplacés à l'étranger, ce qui serait une nouvelle fois semblable au modèle *I*. L'étude de ce modèle agrégé à échanges bi-directionnels mais synchrones aux mobilités ajouterait peu de sens à nos analyses et n'est donc pas étudié dans cette thèse.

nétaires dans les pays a et b au temps t se notent :

$$\bar{\alpha}_a^t = \frac{\bar{A}_a^t}{\bar{A}_a^t + \bar{B}_a^t} \quad (6.15)$$

$$\bar{\beta}_a^t = \frac{\bar{B}_a^t}{\bar{A}_a^t + \bar{B}_a^t} = 1 - \bar{\alpha}_a^t \quad (6.16)$$

$$\bar{\alpha}_b^t = \frac{\bar{A}_b^t}{\bar{A}_b^t + \bar{B}_b^t} \quad (6.17)$$

$$\bar{\beta}_b^t = \frac{\bar{B}_b^t}{\bar{A}_b^t + \bar{B}_b^t} = 1 - \bar{\alpha}_b^t \quad (6.18)$$

avec $\bar{\alpha}_a^t$ décrivant la part de pièces A dans le pays a après les déplacements des individus mobiles, et de la même façon, $\bar{\alpha}_b^t$ décrit la part de pièces A en b , $\bar{\beta}_a^t$ la part de pièces B en a et $\bar{\beta}_b^t$ la part de pièces B en b .

Etant donné ces proportions intermédiaires (Eqs. 6.15 à 6.18), les stocks de pièces disponibles dans chaque pays à la fin du pas de temps (Eqs. 6.7 à 6.10) sont redéfinis par :

$$A_a^{t+1} = (1 - m_a)P_a\bar{\alpha}_a^t + m_aP_a\bar{\alpha}_b^t \quad (6.19)$$

$$B_a^{t+1} = (1 - m_a)P_a\bar{\beta}_a^t + m_aP_a\bar{\beta}_b^t \quad (6.20)$$

$$A_b^{t+1} = (1 - m_b)P_b\bar{\alpha}_b^t + m_bP_b\bar{\alpha}_a^t \quad (6.21)$$

$$B_b^{t+1} = (1 - m_b)P_b\bar{\beta}_b^t + m_bP_b\bar{\beta}_a^t \quad (6.22)$$

Le schéma présenté figure 6.2 résume graphiquement les principales étapes réalisées au cours d'un pas de temps du modèle *II*.

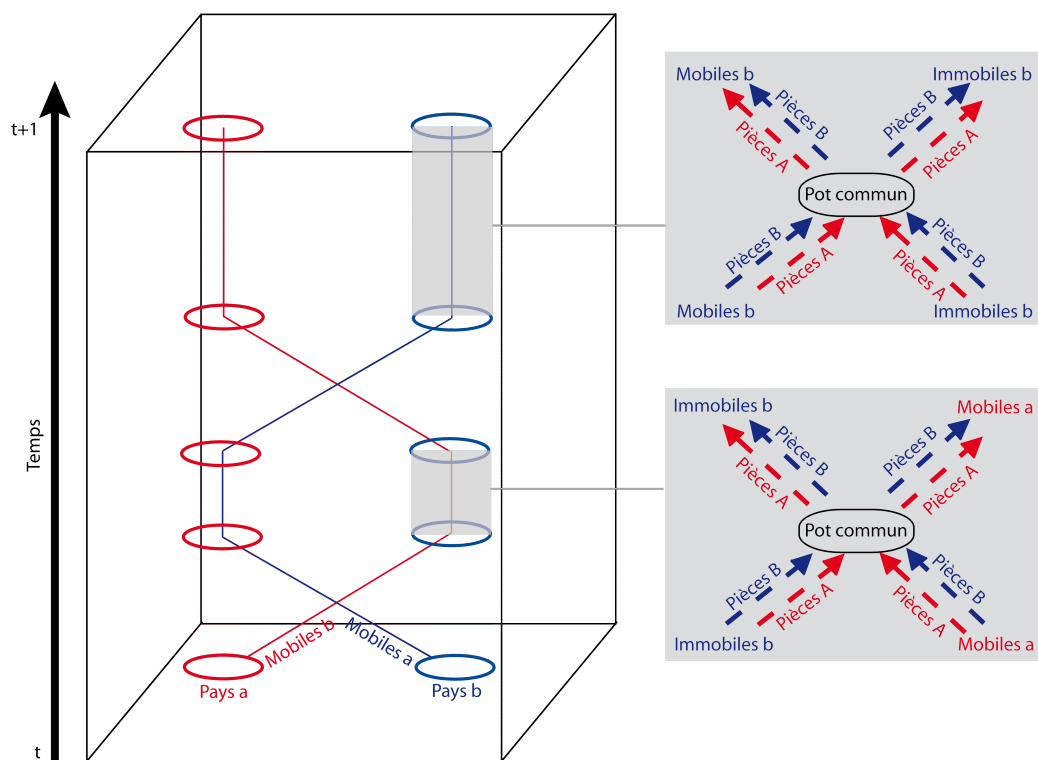


FIGURE 6.2 – Trajectoires de mobilité et interactions monétaires spatio-temporelles dans le modèle *II*.

Modèles III

Le modèle *III* adopte un formalisme désagrégé où le processus d'échange est défini à l'échelle des individus. La mobilité est toujours implémentée à l'échelle des pays, puisque le modèle n'inclut que deux territoires et que la proportion d'agents mobiles est connue et fixée. Les modèles *IIIa* et *IIIb* sont tout deux asynchrones et bi-directionnels.

A l'opposé du modèle *II*, il n'y a donc pas besoin de calculer une somme intermédiaire de pièces à destination, mais une séquence de rencontres entre deux individus présents au même endroit au même moment. Les transactions sont simulées de façon itérative après avoir formé aléatoirement les couples d'individus au sein de la liste des agents présents. Afin de rendre ces deux modèles comparables aux modèles agrégés décrits précédemment au regard de la quantité d'échanges et du processus de brassage des pièces, deux postulats supplémentaires ont été faits.

Premièrement, pour un individu, le mélange de pièces se fait à destination, mais aussi lorsqu'il revient chez lui (comme dans les modèles *I* et *II*, dans lesquels cette seconde étape était incluse dans le processus de mise à jour des pièces disponibles dans une ville à la fin de chaque pas de temps). Dans le modèle désagrégé, cela revient à simuler les échanges entre individus à deux étapes successives au sein d'un même pas de temps : les agents échangent des pièces à destination, et lorsqu'ils rentrent chez eux par la suite. La liste des individus présents en un lieu est construite à destination à partir de la liste des agents immobiles vivant dans le pays et de la liste agents mobiles le visitant. Une fois revenus chez eux, cette liste est redéfinie à partir de la population de la ville - les agents immobiles plus les agents mobiles alors revenus.

Deuxièmement, afin de faciliter la comparaison des sorties du modèle *III* avec les modèles agrégés, nous avons considéré que chaque individu présent en un territoire donné au cours d'une séquence de transactions pourrait en principe participer à un échange. En effet, dans les modèles *I* et *II*, les transactions impliquaient l'ensemble des populations mobiles et immobiles. Dans le modèle individu-centré, nous avons donc fixé leur nombre au sein d'une séquence de transactions en fonction de la population présente en tenant compte du fait qu'un même échange impliquait deux individus, i.e., $E_a = [(1 - m_a)P_a + m_b P_b]/2$ et $E_b = [(1 - m_b)P_b + m_a P_a]/2$ pour la première série d'échanges à destination, et $E'_a = P_a/2$ et $E'_b = P_b/2$ pour la seconde, i.e. une fois les individus rentrés chez eux.

La proportion de pièces de chaque origine présente dans un lieu donné à la fin d'un pas de temps est mesurée comme suit :

$$\alpha_a^t = \sum_{i_a}^{P_a} \frac{\alpha_{i_a}^t}{P_a} \quad (6.23)$$

$$\beta_a^t = \sum_{i_a}^{P_a} \frac{\beta_{i_a}^t}{P_a} \quad (6.24)$$

$$\alpha_b^t = \sum_{i_b}^{P_b} \frac{\alpha_{i_b}^t}{P_b} \quad (6.25)$$

$$\beta_b^t = \sum_{i_b}^{P_b} \frac{\beta_{i_b}^t}{P_b} \quad (6.26)$$

où $(\alpha_{i_a}^t, \beta_{i_a}^t)$ et $(\alpha_{i_b}^t, \beta_{i_b}^t)$ représente le mélange de pièces pour chaque individu i à la fin du pas de temps t .

Le couplage d'individus nécessite un troisième postulat : E_a , E_b , E'_a et E'_b sont des paires d'échantillons obtenues à partir d'un tirage aléatoire avec remise. Ceci permet de tenir compte du fait que : (1) tous les échanges sont séquentiels et que le modèle est entièrement asynchrone ; (2) chaque agent peut participer à plusieurs (ou aucune) transactions indépendamment de ces origines ; et (3) à destination, la probabilité d'échanger avec un local ou un visiteur est équivalente. Cette dernière idée semble raisonnable, bien que les visiteurs puissent se concentrer dans certaines parties d'un pays, d'une ville, etc. et avoir plus d'interactions entre eux qu'avec les résidents, comme il peut par exemple en être le cas dans les magasins de souvenirs d'un site touristique.

Enfin, l'échange de pièces s'effectuant entre deux individus nécessite lui-même plusieurs postulats. Nous savons grâce à Nuno *et al.* (2005) que les individus peuvent adopter différentes stratégies de paiement au cours de leurs transactions, menant à un nombre différent de pièces échangées pour une même somme. Nous savons également que la valeur des pièces et les caractéristiques individuelles influencent le nombre de pièces échangées (voir le chapitre 3). Il est ainsi intéressant de questionner l'impact du nombre de pièces échangées par transaction sur la vitesse de convergence vers un état d'équilibre et la part de pièces étrangères obtenue.

Nous considérons deux possibilités. Dans le modèle *IIIa*, l'échange consiste à faire la moyenne des porte-monnaie des deux agents participant à la transaction. Après l'échange, les deux porte-monnaie sont donc identiques.

Pour une paire d'individus $i=(1,2)$ and τ décrivant un échange au sein d'une séquence de transactions, nous avons :

$$\alpha_1^\tau = \alpha_2^\tau = (\alpha_1^{\tau-1} + \alpha_2^{\tau-1})/2 \quad (6.27)$$

et respectivement pour β (qui est aussi égal à $1 - \alpha$). Notons que lorsque $\tau = 1$, alors $\alpha^{\tau-1} = \alpha^\tau$ et $\beta^{\tau-1} = \beta^\tau$.

Dans le modèle *IIIb*, une stratégie différente a été mise en place, laquelle est supposée amener à un mélange des pièces plus rapide que la première. Au lieu de calculer la moyenne des deux porte-monnaie, les agents 1 et 2 s'échangent simplement leurs porte-monnaies :

$$\alpha_1^\tau = \alpha_2^{\tau-1} \quad (6.28)$$

$$\alpha_2^\tau = \alpha_1^{\tau-1} \quad (6.29)$$

et de la même façon pour β . Ce type d'échange pourrait, par exemple, correspondre à une situation dans laquelle un individu demande à un autre de lui faire l'appoint et échange une quantité importante de petites pièces contre une pièce de forte valeur.

Le schéma présenté figure 6.3 résume graphiquement les principales étapes réalisées au cours d'un pas de temps des modèles *IIIa* et *IIIb*.

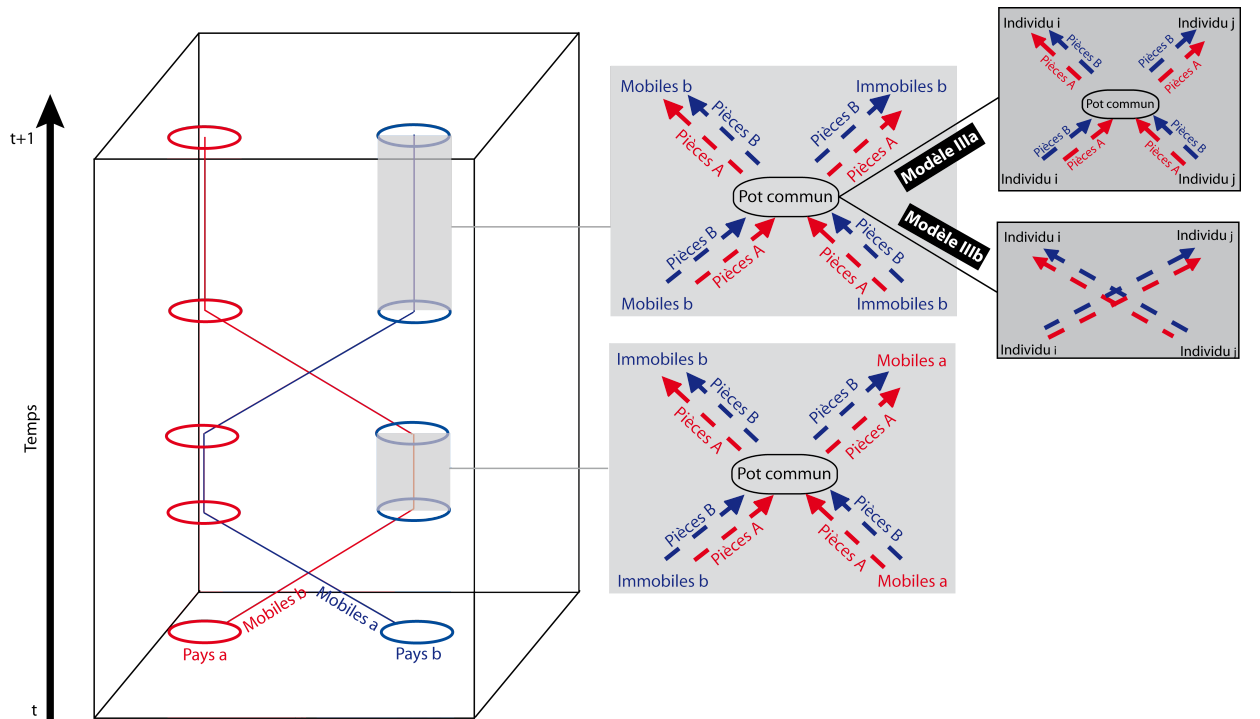


FIGURE 6.3 – Trajectoires de mobilité et interactions monétaires spatio-temporelles dans les modèles *IIIa* et *IIIb*.

Ces modèles ne représentent que deux des nombreuses stratégies possibles. Il y a des situations intermédiaires dans lesquelles seule une partie d'un porte-monnaie est échangée, ou des situations encore plus extrêmes dans lesquelles seulement une pièce est échangée au cours de la transaction. Cependant, tester l'ensemble de ces stratégies n'a pas été pos-

sible dans le temps imparti à cette thèse. Avec les modèles *IIIa* et *IIIb*, nous souhaitons montrer que le modèle désagrégé peut apporter un bon aperçu de la complexité potentiellement inhérente au processus de diffusion des pièces euro, même au sein d'une géographie simplifiée.

6.3 Simulations théoriques

Dans cette partie, les solutions numériques des modèles *I*, *II*, *IIIa* et *IIIb* sont analysées et comparées sur la base de la sensibilité des valeurs de l'équilibre (β_a^*) et de la vitesse de convergence (t^*) aux changements de population et de taux de mobilité.

6.3.1 Paramètres exogènes

L'analyse de sensibilité est fondée sur une valeur fixe de $P_b = 1000$ et $m_b = 0,10$ et des valeurs de P_a et de m_a variant de façon incrémentale de 100 à 2000 pour la première et de 0,01 à 0,20 pour la seconde. La situation de référence est telle que les deux villes ont des valeurs équivalentes de leurs paramètres exogènes, i.e., $P_a = P_b = 1000$ et $m_a = m_b = 0,10$. m_a et m_b peuvent théoriquement décrire n'importe quelle proportion, mais la valeur de 0,10 est utilisée comme une situation de référence moyenne. Pour indication, 1,1% de la population active française était un travailleur transfrontalier en 2011 (Floch 2011). Ceci correspondra donc à notre valeur la plus basse, sachant que d'autres types de mobilité contribuent à la diffusion des pièces.

Les valeurs fixées pour la population ont été choisies afin d'éviter des valeurs trop faibles (qui auraient été trop sensibles à l'aléa) et trop élevées (qui n'étaient pas envisageables pour des raisons de calculs informatiques relativement limités). La population médiane des pays de l'Eurozone était de 9,5 millions d'habitants en 2011. Le premier et le troisième quartiles étaient, respectivement, de 1,9 millions et 24 millions d'habitants (Eurostat 2012). Une analyse de sensibilité allant de 100 à 2000 nous semble ainsi raisonnable.

6.3.2 Résultats

Scénario de référence : population et taux de mobilité identiques

Le scénario de référence servant à la comparaison des quatre modèles intègre des caractéristiques identiques pour les deux pays, afin de mesurer les effets de la stratégie de modélisation sans influences extérieures (i.e., sans altérer les valeurs des paramètres exogènes en entrée P_a , P_b , m_a et m_b). Selon Seitz *et al.* (2012), sans influences extérieures,

nous pouvons attendre une convergence du système et un mélange parfait à l'état d'équilibre pour les deux modèles agrégés. En outre, il n'y a *a priori* aucune raison pour que les deux modèles désagrégés ne convergent pas également, puisqu'ils ne comprennent pas d'interactions supplémentaires outre l'aléa.

Tous les modèles convergent en effet, et le processus de convergence est décrit figure 6.4. Les modèles *I* et *IIIb* affichent des comportements très similaires. Le processus d'échange est, en effet, très proche dans les deux modèles, bien que leurs échelles élémentaires diffèrent : dans le modèle *IIIb*, les individus s'échangent l'intégralité de leurs porte-monnaie et ne mélangent donc pas leurs pièces. Dans le modèle *I*, les visiteurs changent leurs porte-monnaie afin de reproduire celui des locaux. Il est cependant surprenant de trouver le modèle *IIIb* si proche du plus basique des modèles agrégés, et si différent du modèle *IIIa*. Ceci met clairement en évidence la nécessité et l'importance d'une prise en compte attentive des postulats sur les comportements individuels inhérents aux modèles agrégés.

La comparaison des modèles *IIIa* et *IIIb* révèle que plus le nombre de pièces échangées entre individus est important, plus la vitesse de convergence est élevée. Le même résultat ressort lorsque l'on compare le modèle *I* et le modèle *II*, au sein duquel les locaux reçoivent eux-aussi des pièces de la part des visiteurs, au lieu de n'être considéré que comme de simples donateurs.

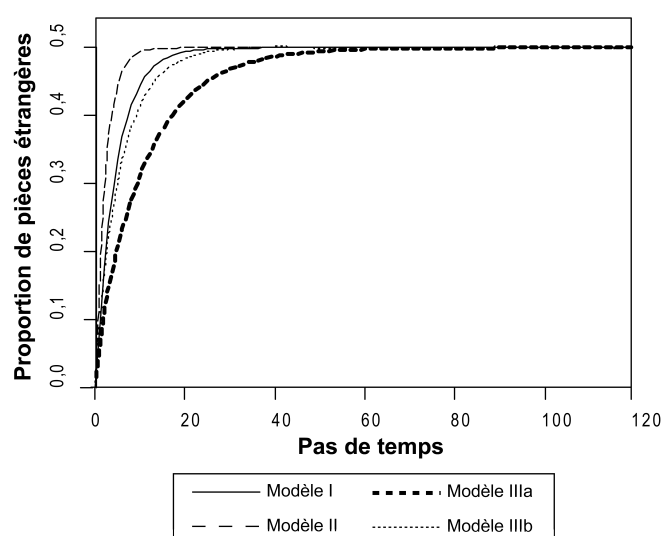


FIGURE 6.4 – Évolution du mélange de pièces (β_a) au cours du temps pour les quatre modèles.

La stochasticité dans les modèles *IIIa* et *IIIb* pourrait questionner les résultats précédents. Les figures 6.5-a et 6.5-b rapportent ainsi le degré d'incertitude entourant les valeurs de convergence à la suite d'une simulation de Monte Carlo basée sur 100 répliques. La

variabilité de l'équilibre est faible dans le cas du modèle *IIIb* et quasi inexistante dans le cas du modèle *IIIa*.

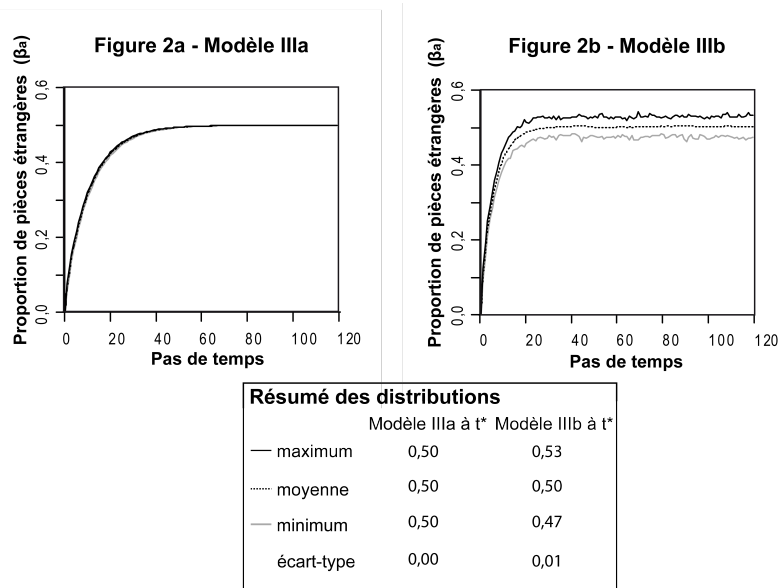


FIGURE 6.5 – Évolution du mélange de pièces (β_a) au cours du temps - analyses de Monte-Carlo pour les modèles *IIIa* and *IIIb*.

Sensibilité aux différences de mobilité et de population

Nous avons représenté figures 6.6a, 6.6b, 6.6c, et 6.6d la sensibilité de la valeur du mélange à l'équilibre (β_a^*), à des changements de valeurs des taux de mobilité et à des différentiels de population entre pays. Les grilles représentent les variations incrémentielles du rapport entre les valeurs des deux paramètres d'entrée par pays. Plus la cellule est foncée, plus la proportion de pièces étrangères dans le pays *a* à l'équilibre est élevée. Les gradients de couleur correspondent à des valeurs différentes pour chaque modèle.

La figure 6.6a révèle une importante différence du comportement du modèle *I* en comparaison des autres modèles. Les résultats du modèle *I* sont, en outre, plutôt contre-intuitifs. Nous nous attendions en effet à ce que les différentiels de population entre les deux pays déterminent le niveau de mélange à l'état d'équilibre, comme il en est le cas pour les modèles *II*, *IIIa* et *IIIb*. La proportion de pièces étrangères à l'état d'équilibre devrait, ainsi, correspondre au rapport de population, puisque chaque pays produit une pièce par individu : plus grande est la population de *b*, plus grande doit donc être la part de pièces étrangères à l'équilibre en *a*.

Mais dans le modèle *I*, β_a^* se montre uniquement sensible aux différentiels de mobilité. En effet, un examen plus approfondi du modèle montre ainsi que, si le nombre total de pièces au sein du système est maintenu stable, ceci n'est pas le cas de la part prise par chacune

des deux origines - lesquelles se transforment au cours du temps de façon particulièrement complexe (voir les résolutions analytiques en temps discret et continu présentées en annexe E). Cette transformation de l'origine des pièces est bien entendu non voulue. Le modèle *I* est néanmoins très utile d'un point de vue méthodique puisqu'il est le plus proche de ceux développés par Stoyan (2002), Stoyan *et al.* (2004), et Seitz *et al.* (2009) qui postulent un nombre constant de pièces, mais ne le contrôlent pas. Dans leurs modèles, la dynamique n'est pas simulée sur les stocks mais sur les proportions des différentes origines de pièces en Allemagne et dans le reste de l'Eurozone. Lorsque nous simulons les dynamiques de ces stocks dans le modèle *I*, nous montrons que des pièces *A* et *B* sont « créées » ou « supprimées » symétriquement, révélant que le système n'est pas correctement fermé.

Les figures 6.7a, 6.7b, 6.7c et 6.7d représentent la sensibilité de t^* , i.e. du temps nécessaire à l'atteinte de l'équilibre, aux changements de taux de mobilité et de population. Plus sombre est la cellule, plus tardive est l'atteinte de l'équilibre. Une fois encore, les gradients de couleur correspondent à des valeurs différentes pour chaque modèle. Le modèle *I* affiche là-aussi un comportement unique. Nous observons également d'importantes différences entre les valeurs de t^* pour les modèles *II*, *IIIa* et *IIIb*, alors que ces modèles affichaient des comportements identiques pour β_a^* .

La vitesse de convergence du modèle *I* n'est pas influencée par des changements dans les rapports de population, mais dépend très fortement des différentiels de taux de mobilité. Assez étonnamment, des taux de mobilité équivalents entre pays n'aboutissent pas aux mélanges de pièces les plus rapides. Au contraire, il ressort que plus les rapports de mobilité sont en faveur du pays *a*, plus rapide sera la convergence vers l'état d'équilibre. Bien que la simulation montre que certaines combinaisons de taux de mobilité sont associées à des valeurs plus faibles que d'autres du temps de convergence, la valeur de t^* n'est pas strictement proportionnelle aux rapports de mobilité.

La comparaison des figures 6.7b, 6.7c et 6.7d rend compte d'une certaine similarité des effets des différentiels de taux de mobilité et de population entre les modèles *II* et *IIIa*, avec un effet positif d'un avantage de proportion de mobiles et un effet négatif d'un avantage de population sur la vitesse de convergence. Le modèle *IIIb* semble être beaucoup plus sensible aux interactions entre différentiels de mobilité et de population que le modèle *IIIa*, lequel apparaît lui-même comme plus sensible que le modèle *II*.

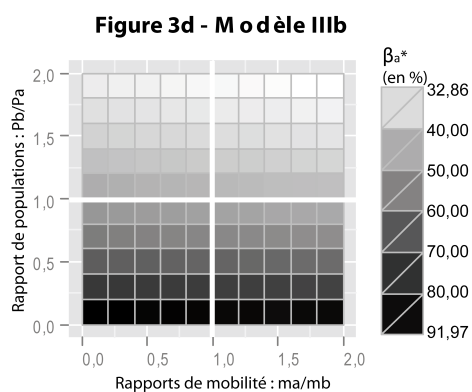
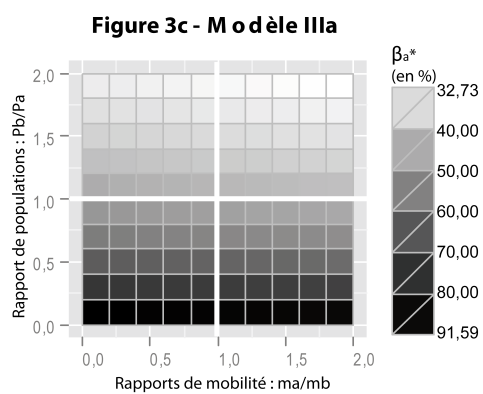
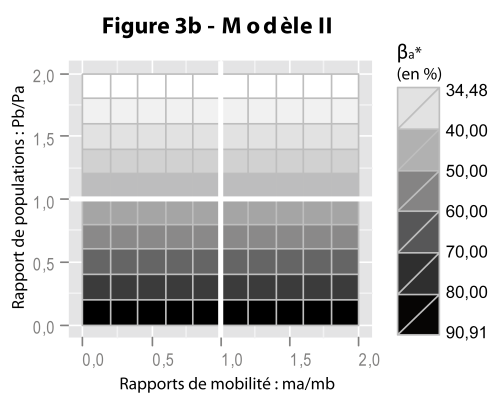
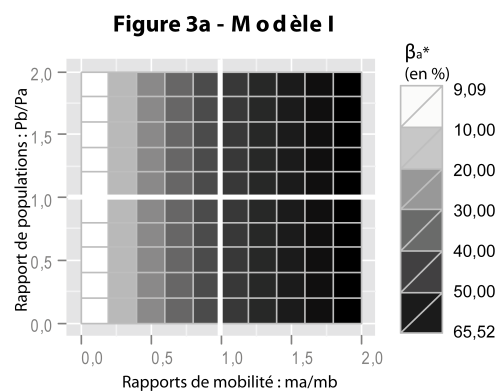


FIGURE 6.6 – Sensibilité de l'état du mélange à l'équilibre (β_a^*) aux changements de ratios de population et de taux de mobilité.

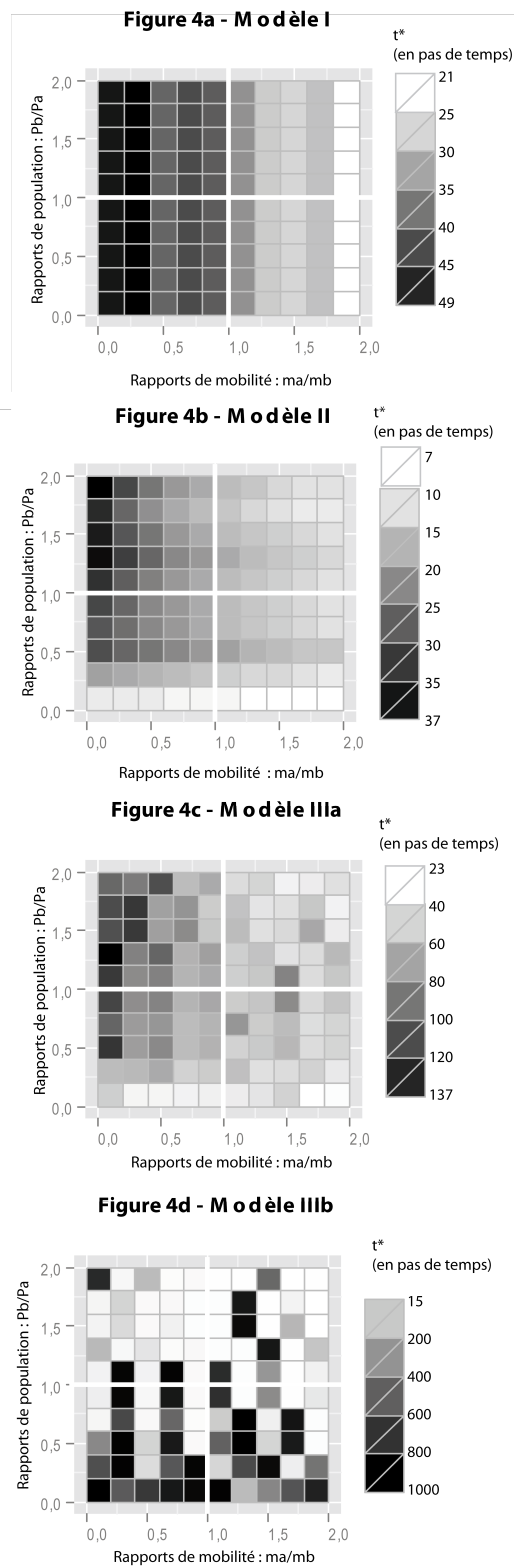


FIGURE 6.7 – Sensibilité du moment de convergence (t^*) aux changements de ratios de population et de taux de mobilité.

6.4 Calibrage : France *versus* zone euro

Dans cette partie, nous exposons les résultats d'un calibrage de chacun des quatre modèles à partir de données issues des enquêtes ESDO réalisées en France. Nous cherchons à savoir si l'évolution du brassage des pièces peut être déterminée à partir de nos modèles, si l'on obtient un mélange parfait des différentes origines et, si tel est le cas, à quel moment. Afin de calibrer nos modèles, nous utilisons la proportion de pièces étrangères observées à chacune des 16 enquêtes réalisées de mars 2002 à décembre 2011. L'erreur (Err) est définie pour chaque modèle comme la somme des résidus absolus entre données estimées et données observées élevés au carré.

Avant de tester l'adéquation de nos modèles aux données réelles, nous avons développé un modèle empirique. Parmi les nombreuses formes fonctionnelles testées, il est apparu que la fonction logistique³ était celle qui permettait le meilleur ajustement aux données. L'utilisation d'une méthode d'estimation du maximum de vraisemblance nous a permis de mettre au point l'équation ci-dessous :

$$\beta_a(t) = 0,35 * (1 - e^{-t/43,72}) \quad (6.30)$$

L'erreur atteint 25,98. La courbe est présentée figure 6.8. Le modèle résulte en une asymptote ayant pour valeur de mélange $\beta_a = 0,35$, laquelle devrait être obtenue en avril 2015. Cependant, cette valeur de β_a est très éloignée du taux attendu pour l'obtention d'un mélange parfait qui était de 0,80 et correspondait au rapport des deux populations (Eurozone à 12 pays et France). De plus ; si la courbe logistique est souvent utilisée pour modéliser des processus de diffusion (Casetti 1969), dans notre cas, malgré un bon ajustement aux données réelles, son usage reste *ad hoc* pour représenter la mobilité et la diffusion. De ce test, il semble ressortir que certains processus rentrent en compte dans la circulation des pièces qui réduisent considérablement leur mélange. Nous pouvons penser à des effets barrières, à un « effet tirelire », à la circulation de pièces hors de la zone Euro, etc., lesquels n'ont pas été intégrés à cette analyse afin d'étudier les comportements les plus simples du modèle.

Nous avons ensuite ajusté nos modèles agrégés et désagrégés aux données empiriques. L'objectif était de comprendre comment l'introduction de comportements de mobilité et d'échange affecte notre capacité à prévoir le processus de diffusion. Pour ces calibrages, les populations sont fixées de façon exogène afin de correspondre aux situations réelles, alors que les taux de mobilité (m_a pour la France et m_b pour le reste de la zone euro) sont modifiés afin de minimiser le terme d'erreur. Notre intérêt pour la simulation de la

3. Régressions asymptotiques avec une limite inférieure à 0 (deux paramètres).

diffusion des pièces euro tient, en effet, dans sa capacité à être utilisée comme un marqueur de mobilités internationales.

Les paramètres de population sont issus des données publiées par Eurostat (Eurostat 2012). Au premier janvier 2012, la population de la zone euro atteignait 333 millions d'habitants, alors que celle de la France était d'environ 65 millions (soit 19,5% de la population de l'Eurozone). Afin de minimiser les difficultés de calcul informatique, le nombre d'agents implémentés a été réduit à 654 (P_a) et 2674 (P_b).

Une fois encore, les taux de mobilité peuvent prendre n'importe quelle valeur entre 0 et 1. En l'absence d'information globale sur la mobilité internationale entre la France et le reste de la zone euro, nous n'avions pas de valeur préconçue pour notre exploration. Aussi avons-nous conduit une première étape de calibrage assez lâche afin d'approcher les valeurs de m_a et m_b en réduisant le terme d'erreur Err par tâtonnements. Les populations étant fixées, cette exploration a révélé un comportement monotone. Nous avons alors fait varier m_a et m_b systématiquement de 0,001 à 0,030 avec un incrément de 0,001 et fait tourner chacun des modèles pour cet ensemble de valeurs de paramètres.

Les modèles contiennent également un incrément de temps. L'unité a été fixée à un mois, ce qui impacte évidemment les résultats. Cependant, pour un certain ensemble de valeurs de population et de taux de mobilité, faire varier l'incrément de temps aurait eu le même impact que de changer le nombre d'échanges. Ici, nous avons décrété qu'il y aurait un échange par mois par simplification. Les valeurs résultantes des taux de mobilité sont donc à interpréter en gardant à l'esprit ces deux postulats.

Les résultats de simulation sont représentés figures 6.8 et tableau 6.1.

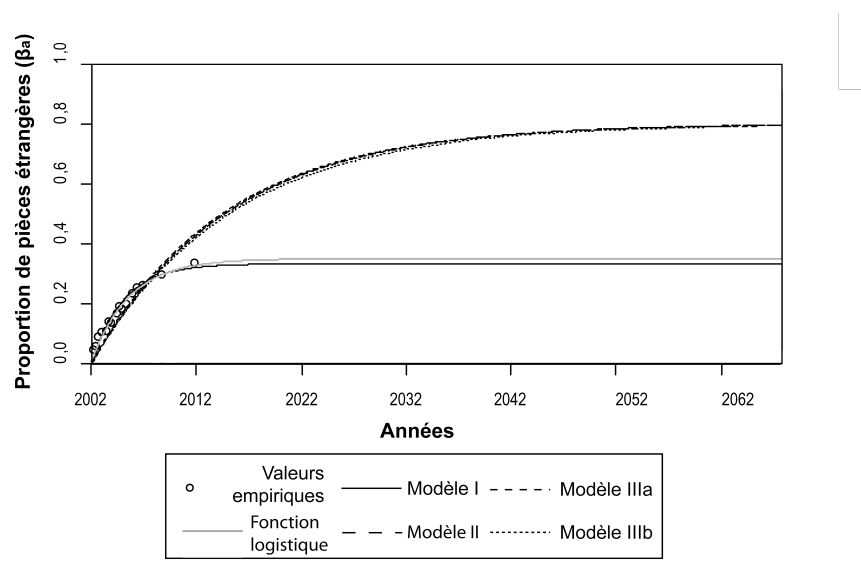


FIGURE 6.8 – Ajustement des courbes de diffusion simulées aux observations empiriques.

	Logistique	Modèle <i>I</i>	Modèle <i>II</i>	Modèle <i>IIIa</i>	Modèle <i>IIIb</i>
P_a		654	654	654	654
P_b		2,674	2,674	2,674	2,674
m_a		0,009	0,001	0,017	0,003
m_b		0,018	0,001	0,001	0,002
Err	0,003	0,004	0,026	0,023	0,025
β_a^*	0,35	0,34	0,80	0,80	0,80
t^*	161	221	861	756	746
Date du mélange parfait	04/2015	05/2020	09/2073	12/2064	02/2064

Tableau 6.1 – Calibrage des quatre modèles de simulation de la diffusion des euros étrangers en France et français dans le reste de la zone euro à partir des valeurs empiriques

La figure 6.8 montre que, pour le modèle *I*, β_a suit une courbe très proche de celle de la fonction logistique. L'erreur est toutefois fortement accrue, mais ressort beaucoup moins élevée que pour les trois autres modèles. Le modèle *I* prévoit qu'un équilibre sera atteint en mai 2020. Tout comme avec le modèle logistique, le mélange parfait n'est pas atteint : seulement 34% des pièces qui se trouveront en France à l'état d'équilibre sont supposées avoir été produite dans un pays étranger. Une analyse plus attentive de ces valeurs permet de comprendre qu'elles correspondent à $\beta_a^* = m_b P_b^2$ pour la France ($\beta_b^* = m_a P_a^2$ pour le reste de la zone euro) et $\alpha_b^* = m_a P_a^2$ pour la France ($\alpha_a^* = m_b P_b^2$ pour le reste de la zone euro).

Ainsi, le nombre de pièces A^t et B^t diffère de leur nombre initial. Après son calibrage, le modèle *I* a transformé le nombre de pièces françaises de 654 en t^0 à 1332 en t^* et, en parallèle, a réduit celui du reste de la zone euro de 2674 à t^0 à 1996 à t^* . Le nombre total de pièces est constant, mais le modèle ne préserve pas leurs proportions initiales. Ceci est d'autant plus problématique et frappant qu'il s'agit du modèle de simulation qui, parmi les quatre présentés dans ce chapitre, permet d'ajuster au mieux les données réelles. Il est probable, selon nous, que ceci soit le résultat de la production inégale de nouvelles pièces et de pertes (de pièces quittant la zone euro - la France étant la première destination touristique internationale en Europe, ce qui expliquerait qu'un plus grand nombre de pièces y disparaisse et y soit donc produit -, de mises en tirelire, etc.). Il n'y a pas de publication de données relatant de la sortie de pièces du circuit (Commission des Communautés Européennes 2003), mais nous savons, par exemple, que les nouvelles productions de pièces ne sont pas homogènes dans l'espace et dans le temps. Selon la Banque Centrale Européenne, 56% de l'ensemble des pièces françaises existant en 2010 avaient été émises avant la fin de l'année 2002; ce chiffre n'atteignant que 31% pour le Luxembourg, à titre d'exemples.

Les modèles *II*, *IIIa* et *IIIb* ont les mêmes valeurs d'équilibre. Ces modèles simulant un

échange bi-directionnel prédisent, en effet, que les valeurs d'équilibre se rapprochent des différentiels de population, ce qui conduit à des délais plus longs pour atteindre l'équilibre. Le modèle *II* prévoit que cet équilibre sera atteint en Janvier 2073, autrement dit plus de 70 ans après l'introduction de l'euro comme monnaie commune. D'autre part, la conception du processus d'échange ne semble pas avoir une grande influence sur la vitesse de convergence, puisque le modèle *IIIa* converge après Décembre 2064 et le modèle *IIIb* après février 2064. Le fait que les agents échangent l'intégralité de leurs porte-monnaie dans le modèle *IIIb* ne permet pas d'obtenir des valeurs stables à l'état d'équilibre. Pour ce modèle, la part de pièces étrangères en France varie continuellement entre 80,1% et 80,7%.

Bien que les modèles *II*, *IIIa* et *IIIb* donnent des termes d'erreur proches, les valeurs estimées de m_a et m_b sont très différentes d'un formalisme à un autre. Le modèle agrégé (modèle *II*) utilise des taux de mobilité équivalents pour les deux pays, lesquels sont très bas (seulement 1% de la population globale de a et de b). Le nombre d'interactions entre les habitants de la France et du reste de la zone euro est donc supposé très faible. La conception du processus d'échange impacte, en outre, les valeurs des paramètres d'entrée m_a et m_b puisque, plus faible est le nombre de pièces échangées au cours d'une transaction, plus élevée doit être la mobilité des résidents du pays a (simulant la France) afin de compenser sa relativement faible population. En effet, le modèle *IIIa* estime que la mobilité des français (17%) est beaucoup plus élevée que celle des habitants du reste de la zone euro vers la France (1%). Le modèle *IIIb* estime, quant à lui, que ces taux de mobilité sont très peu différents ; la mobilité des résidents de France étant fixée à un taux beaucoup plus bas (3%).

Conclusion du chapitre

Ce chapitre avait pour objectif de comprendre l'impact du choix d'un formalisme particulier sur la modélisation dynamique de la diffusion des euro, et, plus largement, d'illustrer l'importance d'une telle réflexion en amont de l'interprétation des résultats d'un processus de simulation.

Le modèle *I* s'est révélé être tout à fait différent au regard des autres modèles testés : les effets des paramètres d'entrée sur les valeurs à l'équilibre et de vitesse de convergence diffèrent largement de celles résultant des modèles *II*, *IIIa* et *IIIb*. L'intégration ou la non-intégration du phénomène de réciprocité dans le processus d'échange est apparu, en effet, être le choix le plus décisif dans la conception du modèle. Par conséquent, le calibrage du modèle *I* a eu pour résultat la fixation de paramètres d'ajustements et en

des prédictions très différents de ceux des trois autres modèles.

Les mécanismes étudiés dans le modèle *I* (dans lequel les mobilités externes sont l'unique impulsion de la diffusion et l'échange est uni-directionnel (van Blokland *et al.* 2002, Stoyan *et al.* 2004, Seitz *et al.* 2009; 2012)) et la courbe logistique présentent des calibrages aux valeurs empiriques et des prédictions temporelles similaires. Comme nous l'avons évoqué à plusieurs reprises dans cette thèse, depuis Hägerstrand (1952), il a maintes fois été montré que le modèle logistique permettait d'ajuster les processus de diffusion au cours du temps. Nos résultats posent donc la question des bénéfices d'une simulation agrégée de comportements très simplifiés au sein d'un système spatial à deux entités. En effet, à l'inverse des modèles désagrégés, ces derniers ne permettent pas d'apprendre comment des structures agrégées peuvent émerger à partir de comportements individuels.

Le système ne comprenant que deux pays, l'aléa introduit dans les modèles *IIIa* et *IIIb* n'a pas été défini à l'étape du choix de la destination comme cela a beaucoup été le cas depuis Huff (1964), mais a été implémenté au moment de l'échange. Les modèles *IIIa* et *IIIb* ont néanmoins montré une faible sensibilité de leurs systèmes aux interactions élémentaires entre individus. Cela est la conséquence du comportement de mobilité partagé par tous les agents mobiles. La faible sensibilité aux couplages aléatoires d'individus au moment de l'échange, due à la probabilité égale pour chaque agent de participer à une transaction, aurait aussi bien pu être déduite à partir du théorème central limite (Roy et Less 1981).

Le calibrage aux valeurs empiriques a montré des différences mineures dans la vitesse de convergence des modèles *II*, *IIIa* et *IIIb*, conformément aux attentes de Hägerstrand (1952), Shnerb *et al.* (2000), Sanders (2007), Quijano *et al.* (2007). Ces différences viennent de la conception des transactions élémentaires : comportement moyen (modèle *II*) *versus* comportement moyen avec aléa (modèle *IIIa*) et différences entre le nombre de pièces échangées (modèle *IIIa* et modèle *IIIb*).

De plus, les résultats présentés se fondent sur l'analyse de quatre modèles, aux postulats particuliers. Des essais supplémentaires seront requis afin d'en vérifier l'exactitude dans le cas de modèles additionnels, utilisant un éventail plus important d'hypothèses et d'analyses de sensibilité. Dans l'étude de ce système simplifié défini dans un formalisme individu-centré, nous avons, par exemple, considéré que les individus participaient en moyenne à un échange par pas de temps, afin de simplifier la comparaison avec les modèles agrégés. Cependant, la question de l'impact du nombre d'échanges par pas de temps reste non résolue dans ce chapitre et dans cette thèse, bien qu'elle puisse apporter des connaissances nouvelles quant aux effets particuliers de la mobilité sur le processus de diffusion des euros.

Nous avons, en effet, souhaité privilégier l'analyse de l'impact d'une augmentation progressive du réalisme de la géographie du modèle désagrégé dans le dernier chapitre de la thèse. Le choix d'un formalisme pertinent est ainsi censé nous permettre de mieux mesurer la capacité de la répartition des pièces euros de rendre compte des mobilités individuelles, alors que la combinaison d'échanges aléatoires entre individus et des différents chemins et rythmes des mobilité en brouillent la composition.

CHAPITRE 7

De l'effet de la structure géographique sur la diffusion des pièces étrangères

We can no longer think about spatial patterns and relationships in a simple static sense ; and we must reject, as geographers and social scientists, an exclusive focus upon the temporal dimension. Man in space and time : this is the area of spatial diffusion, where processes are frequently the core of our concern as we try to grapple with problems of spatial dynamics. Peter Gould, 1969.

Introduction

Comme le dit Peter Gould (1969), l'étude des processus de diffusion ne devrait ni être réduite à sa dimension temporelle, ni être restreinte à une analyse statique de ses formes et relations spatiales. Depuis les travaux pionniers de Hägerstrand (1952), il est en effet largement reconnu que les processus spatiaux se propagent à travers une diffusion par expansion (effets de distance) et/ou par relocalisation (effets de hiérarchie). Nous avons fait l'hypothèse dans la partie précédente que la diffusion des pièces euro combinait les deux processus, ces dernières étant transportées à travers la zone euro (et au-delà, c.f. chapitre 1) par le biais des mobilités individuelles et des échanges. L'espace géographique est cependant beaucoup plus complexe et inclut une large variété d'attracteurs et de répulsifs aux mouvements humains pouvant impacter les processus de diffusion (Gould 1969). Nous avons à titre d'exemple pu montrer que les résidents de régions touristiques

nouaient des relations plus fréquentes que les autres avec des personnes résidant dans des pays étrangers variés et éloignés (chapitre 5).

Krugman (1991) propose le concept de *première nature* afin de distinguer les attributs naturels de l'espace, telles que les montagnes ou les mers, de ses caractéristiques héritées qui correspondent à sa *seconde nature*. Celle-ci comprend des attributs liés à l'action humaine comme la concentration des populations, les infrastructures de transport ou les facteurs de production. Ioannides et Overman (2004) utilisent également le terme de *troisième nature* pour distinguer les attributs dépendant d'avantages précédents, c'est-à-dire les avantages de la seconde nature qui se renforcent : métropolisation, concentration de la production, etc.

Dans ce chapitre, nous allons considérer que la mobilité des individus dépend uniquement de la première et seconde nature des lieux. La première nature englobe la situation relative des régions, et l'existence d'attributs touristiques. Afin de mieux caractériser l'effet particulier de la situation géographique au sein du système européen de mobilité et d'échanges, les coûts de transport seront supposés proportionnels à la distance séparant les régions. Les effets de la seconde nature sur le processus de diffusion seront seulement pris en compte par l'intégration de variétés dans la taille de la population des différentes régions. Si nous sommes conscients que des facteurs culturels, linguistiques, religieux ou politiques influencent également les comportements de mobilité, leur analyse dépasse néanmoins le cadre de cette thèse.

Bien que les mobilités individuelles simulées ne tiendront pas compte de la troisième nature des liens, le modèle intégrera des processus de dépendance historique. Nous avons en effet montré dans le chapitre précédent que la diffusion des pièces dépend d'effets cumulatifs et qu'au sein d'un modèle à deux régions, la diffusion des pièces finissait par converger vers une situation d'équirépartition des pièces de différentes origines.

Tout comme dans le chapitre précédant, nous opterons pour une simulation numérique du processus de diffusion. En effet, la résolution analytique de modèles géographiques requiert un traitement simpliste de la géographie, qui ne peut pas rendre compte de la complexité des phénomènes réels (Fujita *et al.* 2001). Les modèles développés dans le cadre de la nouvelle économie géographique ont, par exemple, été définis avec un formalisme à deux ou trois régions situées au sein de structures géographiques simples. Les régions peuvent y être représentées sur une ligne ou un cercle, par des structures symétriques permettant aux unités spatiales d'être équidistantes, etc. (Bosker *et al.* 2010). Ces modèles sont en effet supposés pouvoir illustrer les tendances de phénomènes agissant dans le monde réel, mais qui ne seraient pas capables d'en refléter les amplitudes (Puga et Venables 1995). En effet, si les phénomènes spatiaux suivent bien la flèche unidirectionnelle du temps (Prigogine et Stengers 1979), ils s'effectuent néanmoins dans un contexte de dépendances

spatiales multilatérales (Whittle 1954).

Les modèles de lieux centraux ont été définis afin d’offrir une structure qui explique les variations sociales de phénomènes sociaux et économiques liés à des effets de hiérarchie et de distance définis de façon déterministe ou probabiliste (Haining 1978). Cependant, la configuration spatiale initiale est elle-aussi une source potentielle de variations dans les modélisations dynamiques de phénomènes spatiaux (Schelling 1971). En effet, de nombreuses expérimentations menées par le biais d’un formalisme d’automates cellulaires ou encore de modèles multi-agents ont montré que la définition abstraite d’une grille régulière n’est pas suffisante pour représenter la géographie complexe de l’espace réel (Stanilov 2012) et peut aboutir à des conclusions qui ne sont pas compatibles avec une structure géographique asymétrique et (plus) réaliste (Brülhart et Torstensson 1996).

Nous entendons participer à ce débat en testant la stabilité des effets de taille de population, de situation géographique et de la dotation touristique de certaines régions sur la rapidité de la diffusion des pièces euro et la sensibilité des résultats à l’aléa au sein d’une structure géographique de plus en plus réaliste. Le comportement aléatoire du modèle se retrouve dans : (1) la sélection d’une destination de travail pour les individus mobiles, (2) la sélection d’une destination touristique pour les individus partant en voyage, et (3) le tirage aléatoire avec remise servant à la formation des couples d’agents lors des échanges monétaires. Nous mesurerons ensuite l’adéquation du modèle aux données empiriques (cf. le chapitre 3) collectées pour la France, la Belgique, l’Allemagne, le Luxembourg et les Pays-Bas. Ces deux analyses nous aideront à illustrer les relations nouées entre la structure spatiale, la mobilité interrégionale des individus et la diffusion des pièces euro.

7.1 Nouvelles composantes et dynamiques du modèle

Nous modéliserons plus particulièrement un certain nombre d’échanges de pièces d’origines variées au sein d’un continent fictif constitué d’individus résidant dans des régions localisées dans différents pays. Comme nous l’avons expliqué en conclusion du chapitre précédent, nous avons choisi de travailler à partir d’un formalisme individu-centré.

Le modèle est décomposé en quatre éléments : la structure géographique, les agents, leurs mobilités et l’échange de pièces. Les caractéristiques des agents et de l’échange sont identiques au modèle *IIIa* du chapitre précédent. Dans ce chapitre, un échange consistera donc à calculer la moyenne des deux porte-monnaie échangés et à attribuer à chacun cette nouvelle valeur, ce qui s’apparente à une situation moyenne quant à l’influence qu’elle opère sur la vitesse de diffusion. En effet, la comparaison des modèles *IIIa* et *IIIb* effectuée dans la section 7.2 du chapitre 6 a montré que lorsque les individus s’échangeaient

l'intégralité de leurs porte-monnaie au cours d'une transaction (autrement dit que les deux porte-monnaie se substituaient l'un à l'autre), le mélange des pièces entre les deux régions se faisait plus rapidement que lorsqu'ils n'en échangeaient que la moitié (autrement dit que chaque individu récupérait la moitié des pièces de chacun des deux porte-monnaie).

Le passage d'une structure géographique définie par un système à deux unités territoriales à celui d'un système fait d'un minimum de trois régions, nécessite de redéfinir la fonction de choix de destination. Nous expliquerons dans un premier temps comment nous allons accroître pas à pas le réalisme de la structure géographique, puis nous détaillerons le processus d'affectation d'une destination de travail et/ou de vacances aux individus.

7.1.1 Présentation du système territorial commun aux différents systèmes

Le système territorial consiste en une série de régions i, j, \dots, k dotées d'une population totale P_i, P_j, \dots, P_k et appartenant à un pays I, J, \dots, K . Chaque pays I, J, \dots, K produit un certain nombre de pièces avec un symbole spécifique : F_I, F_J, \dots, F_K . Par simplification, nous considérons que le nombre total de pièces produit par un pays est directement lié à sa population : chaque agent reçoit le même nombre de pièces au début de la simulation (une pièce par habitant). Aussi, si les populations ne sont pas égales entre les différentes nations, ces différences vont également s'observer entre les productions de pièces. L'importance est en effet donnée à la constance du nombre de pièces distribuées par agent. La taille initiale du porte-monnaie est donc indépendante des richesses individuelles ou nationales.

$F_{I \rightarrow i}^t$ décrit le nombre total de pièces produites par I observées dans la région i au temps t et $\sum_{i=1}^n F_{I \rightarrow i}^t$ correspond au nombre total de pièces émises par le pays I disponibles dans l'ensemble des n régions du système au temps t . F_i^t décrivant le nombre total de pièces disponible dans la région i au temps t , les conditions initiales sont telles que $\forall i \in I$:

$$F_I^{t_0} = \sum_{i=1}^n F_i^{t_0} \quad (7.1)$$

(réciproquement pour J, \dots, K).

Cela signifie qu'au début de la simulation, les pièces d'un pays ne sont distribuées qu'au sein de la population nationale. Cela dépeint la zone euro au moment où les pièces euro ont été mises en circulation (au 1er janvier 2002, pour rappel).

Dans ce modèle, le système est clos. Nous avons choisi, par soucis de simplification tout comme dans le chapitre précédent, de ne pas intégrer les productions additionnelles ou

les pertes de pièces. Nous avons donc :

$$F_I^t = F_I^{t+1} \quad (7.2)$$

(réciproquement pour F_J, \dots, F_K).

7.1.2 Augmentation incrémentale du réalisme de la structure géographique du modèle

Interactions entre facteurs de taille et de situation dans les modèles à trois régions L'objectif principal de ce chapitre est de rendre compte des effets de la structure géographique - définie par l'organisation topologique et hiérarchique des régions ainsi que par la possible présence d'attributs touristiques - sur le mélange des pièces. La figure 7.1 illustre l'importance de ces deux facteurs dans la formalisation d'un modèle. Elle montre en effet que même dans le cas relativement simple d'un continent à trois régions, le choix des niveaux de la hiérarchie régionale et d'une typologie linéaire ou circulaire aboutit à une combinaison d'effets de bordure et de taille relativement importante dont on peut supposer qu'elle conduira à des différences de résultats¹.

Nous aurions pu représenter n régions et n niveaux hiérarchiques au lieu des trois exposés figure 7.1, mais il aurait été trop long d'énumérer toutes les possibilités. A la place, nous allons comparer les résultats des différents modèles à trois régions et à deux niveaux hiérarchiques à ceux de modèles multi-régionaux dérivés de Christaller (1933), Lösch (1940).

1. Nous pouvons en outre facilement imaginer que la complexité potentielle d'un modèle d'interaction liée à la structure géographique sera accrue par l'introduction de variations dans les exposants de la distance et de l'attractivité relative de la population en fonction des types de mobilité (motifs, modes, etc.).

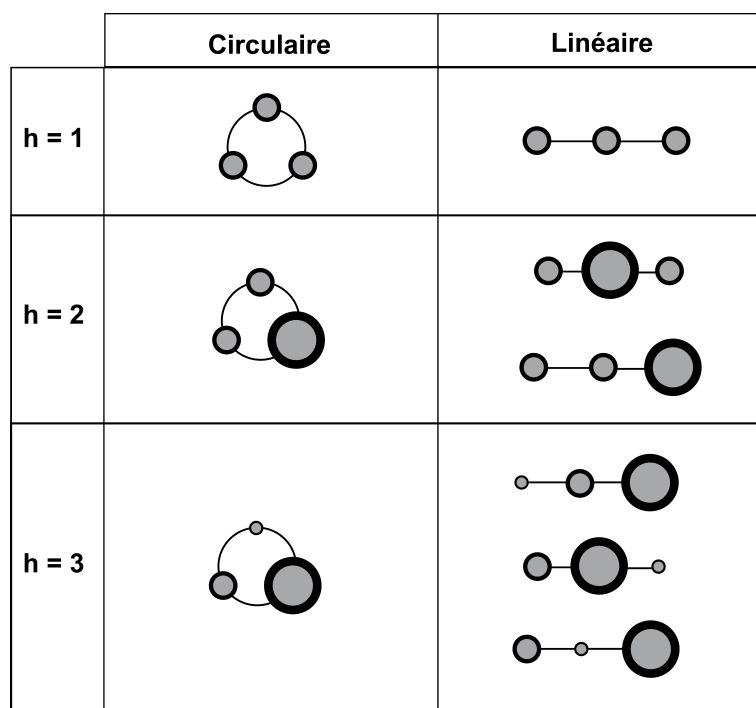


FIGURE 7.1 – Évolution conjointe du niveau de hiérarchie (h) des populations et de la topologie dans un système à trois régions.

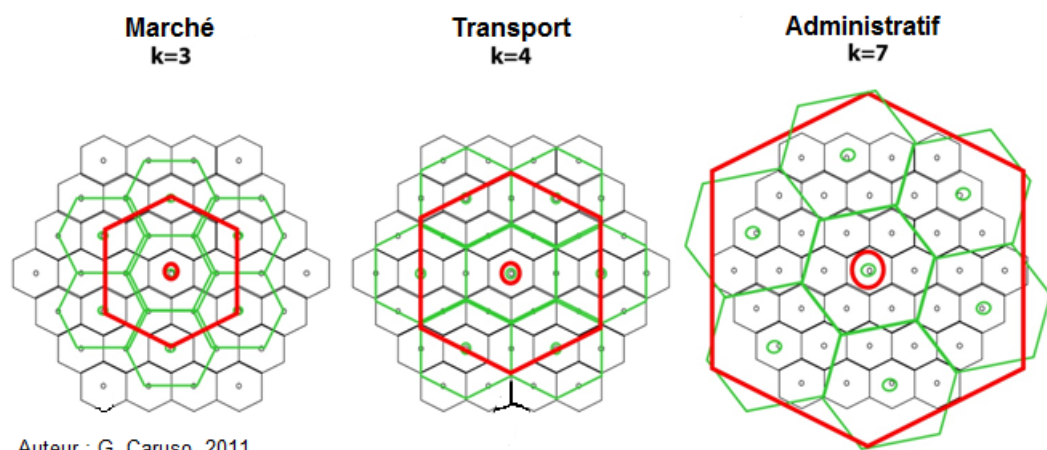
Systèmes de lieux centraux et hiérarchie régionale La nouvelle économie géographique a émis des critiques à propos des anciens modèles issus des théories de la localisation, et ainsi sur les travaux originels de Christaller (1933), Lösch (1940). L'usage de ces derniers est toutefois considéré comme pertinent lorsqu'il s'agit de modéliser l'évolution des systèmes géographiques (Fujita et Krugman 2004, p.147). Les études théoriques portant sur les chaînes de déplacements ont ainsi été principalement développées en lien avec la théorie des lieux centraux et la définition première de la demande dans l'espace par Lösch (1940) (voir par exemple Thill et Thomas (1987)). Comme l'intérêt du modèle n'est pas l'étude des aires de marché mais la localisation des régions, un environnement Löschien nous semble être un moyen pertinent de différenciation de l'espace par, dans un premier temps, la localisation des régions uniquement, et dans un second temps à travers l'analyse des effets conjoints de taille et de situation.

Ainsi, en accord avec Christaller (1933), Lösch (1940), l'environnement du modèle a été construit en utilisant un réseau de régions, défini hiérarchiquement selon trois niveaux administratifs et localisé au sein de trois pays. La structure suit un principe administratif afin d'éviter que certaines régions soient localisées sur les frontières et pour obtenir la même structure interne au sein des différents pays (figure 7.2)². Pour distinguer les effets strictement topologiques des effets conjoints de la topologie et des différences de population dans le modèle multi-régional, nous allons simuler la diffusion des pièces (1) au sein d'un système constitué de 111 régions dont trois d'entre elles seront définies comme grandes, 18 comme moyennes et 90 comme petites, également dispersées au sein des trois pays, et (2) dans le même système mais sans intégrer de différentiel de populations.

2. Le paramètre d'échelle k attaché au « principe du marché » indique que les six « lieux centraux » situés aux sommets de l'hexagone au centre duquel est localisé le lieu central font chacun un tiers de sa taille, à savoir : $k = (6 * \frac{1}{3}) + 1 = 3$.

Le paramètre d'échelle k attaché au « principe de transport » indique que chaque « lieu central » situé sur l'un des six côtés d'un hexagone est déservi pour moitié par les deux « lieux centraux » localisés sur les hexagones adjacents du côté où il se trouve, à savoir : $k = (6 * \frac{1}{2}) + 1 = 4$.

Le paramètre d'échelle k attaché au « principe administratif » indique que chaque « lieu central » situé au centre de l'hexagone principal exerce son pouvoir administratif six « lieux centraux » secondaires. Il y a donc une unité pour chaque « lieu central » secondaire situé dans l'hexagone, à savoir : $k = (6 * 1) + 1 = 7$.



Auteur : G. Caruso, 2011

FIGURE 7.2 – Emboîtement hiérarchique des régions dans un environnement Löschien selon le principe d'organisation.

Facteur d’attractivité touristique D’autre part, les analyses empiriques menées dans la seconde partie de la thèse ont montré que les espaces touristiques attractifs étaient les plus à même de capter des flux de pièces sur de longues portées. Ces résultats font également apparaître que d’importantes vagues de pièces étrangères accompagnent les mobilités estivales.

Des paysages touristiques (bords de mer) ont été ajoutés à l’environnement d’un troisième modèle d’inspiration Löschienne. Selon Christaller (1933), les sites touristiques sont généralement localisés dans des zones périphériques. Nous les avons situés aux frontières extérieures du continent. Afin d’être en capacité de distinguer l’influence de telles migrations sur le mélange local des pièces, nous n’avons affecté des attributs touristiques qu’à un seul pays. Les mobilités touristiques sont ainsi réalisées à destination de ces sites touristiques, lesquels sont inégalement distribués entre les régions et les pays.

Réalisme géographique La modélisation empirique réalisée en chapitre 5 a également montré l’importance des facteurs d’accessibilité des territoires sur la diffusion des pièces étrangères. La position géographique plus ou moins centrale des régions risque ainsi d’interagir avec les facteurs attractivité et d’émissivité de ces territoires. Or, les modèles de lieux centraux supposent une symétrie de l’ordonnance des régions, laquelle ne s’observe pas dans la zone euro. Une telle simplification du support géographique de la diffusion risque de biaiser l’image de la diffusion rendue par les mécanismes du modèle.

Nous simulerons donc finalement la diffusion des pièces euro au sein d’un système géographique représentant les régions de Belgique, Allemagne, France, Luxembourg et Pays-Bas, pour lesquelles des données ont été collectées. La population des régions est définie en accord avec les données Eurostat de 2002³. Afin d’éviter les effets du MAUP dus aux différences d’échelle de population entre les régions des cinq pays appartenant pourtant au même niveau administratif, nous avons décidé de sélectionner différents niveaux de NUTS selon les pays. Les entités spatiales sélectionnées sont présentées dans le tableau 7.1. Les proximités spatiales entre régions correspondent aux distances euclidiennes mesurées entre leurs centroïdes. Enfin, nous avons considéré qu’une région serait labellisée comme « touristique » si elle appartenait aux 25% des régions sélectionnées ayant reçu le plus grand nombre de touristes non résidents dans les hôtels et équipements assimilés en 2002 (source Eurostat). La figure 7.3 représente la cartographie des différentiels de population et la localisation des régions touristiques dans le modèle.

3. Pour des raisons de calcul informatique, nous avons divisé les populations empiriques par 1000 et les avons arrondi à l’entier supérieur.

Pays	Niveau de NUTS	Nombre d'unités territoriales	Population				
			Tot.	Min.	Max.	Moyenne	Ecart-type
France	2	21	58927	710	11055	2806	2253
Belgium	1	3	10560	971	5959	3427	2495
Germany	1	16	85408	660	18027	5338	5152
Luxembourg	0	1	442	—	—	—	—
Netherlands	1	4	16042	1678	7472	4011	2454

Source : Eurostat, 2002.

Tableau 7.1 – Caractéristiques de la population des unités territoriales allemandes, belges, françaises, luxembourgeoises et hollandaises du modèle de simulation.

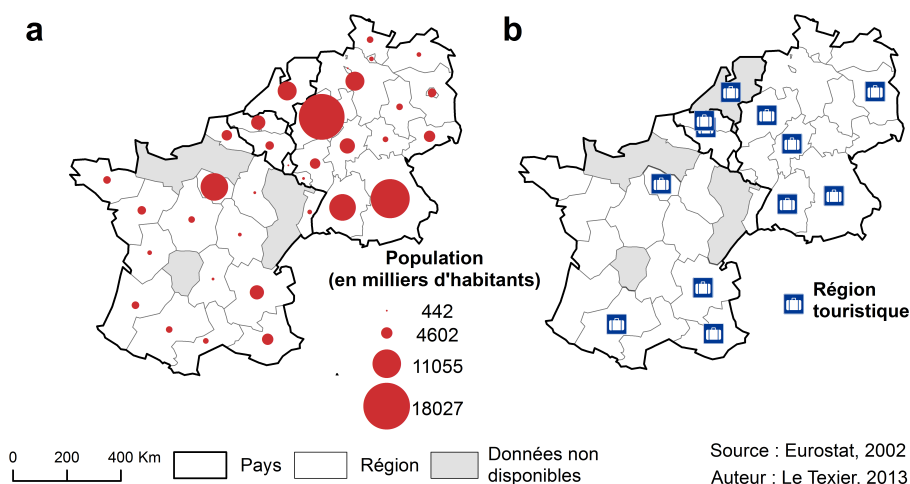


FIGURE 7.3 – Distributions spatiales des populations régionales et des attributs touristiques dans le modèle de simulation représentant le Nord-Ouest de la zone euro.

7.1.3 Une variété de mobilités et de destinations

Les différents attributs régionaux que nous avons introduits dans le modèle nous ont permis d'ajouter les mobilités réalisées pour des motifs touristiques aux mobilités réalisées pour un motif professionnel qui étaient au coeur des modèles présentés dans le chapitre précédent. A l'inverse des usages dans les modèles de mobilité et de transports, l'organisation des activités n'est pas intégrée à un modèle logit emboîté ou à un modèle de choix discrets comme dans Adler et Ben-Akiva (1979) ou dans Kitamura (1984b), pour n'en citer que deux. Le choix d'une activité est ici défini par un calendrier dont les unités sont des mois.

Le calendrier contraint le type de mobilité des agents en définissant une activité principale par unité de temps. Comme il l'a été dépeint par de nombreux auteurs (Stock et Duhamel 2005, Bell et Ward 2000), par exemple, les flux de touristes s'observent principalement durant les congés. Ainsi, les mois sont définis en fonction de périodes de vacances (un mois par an) et de travail (le reste de l'année).

En 2008, 67% des résidents de l'UE ont réalisé un voyage pour un motif privé durant lequel ils ont passé au moins une nuit hors de chez eux. Parmi eux, 31% ont voyagé dans un pays étranger membre de l'UE. Dans le modèle Löschien et le modèle représentant le Nord-Ouest de la zone euro intégrant les mobilités touristiques, la proportion de touristes au sein de la population est ainsi fixée à 21 %, ce qui décrit la proportion de la population résidente européenne qui a réalisé un voyage pour des raisons personnelles au sein d'un autre pays d'Europe (Eurostat, 2002). Pour chaque période estivale et chaque région, les agents partant en vacances sont sélectionnés aléatoirement au sein de la population totale de chaque région. Les agents « immobiles » (qui recoupent des individus aux profils aussi variés que les étudiants, les retraités, les chômeurs, ou encore les travailleurs peu qualifiés) et les agents « mobiles » ont donc une probabilité égale de partir en vacances.

Cette prise en compte des différents motifs de la mobilité individuelle nous rapproche des arbres de décision utilisés dans les modèles désagrégés d'utilisation du sol et de transport, puisque la demande de déplacement est dérivée d'une demande d'activité (Bowman 1998, Ben-Akiva et Bowman 1998). Cela signifie que les déplacements ne sont pas seulement contraints par l'espace mais aussi par le temps (Hägerstrand 1970). Tous ces postulats sont résumés par Roy (2004, p.5), qui explique que : « travel is a demand derived from the need to carry out activities at various times at other points in space »⁴. Dans notre modèle, les règles restreignant la mobilité des agents mobiles sont définies à l'échelle des régions. La probabilité qu'un individu choisisse une destination particulière dépend aussi

4. Traduction personnelle : « le voyage est une demande dérivée d'un besoin d'effectuer des activités à différents moments en d'autres points de l'espace ».

du motif de son déplacement (travail ou vacances).

La sélection d'une destination particulière suit un simple modèle gravitaire qui est formulé d'une façon probabiliste comme dans Huff (1964) - c'est à dire qu'il détermine la probabilité pour chaque région j, \dots, n d'être fréquentée par des résidents de la région i . La formalisation générale du choix d'une destination est définie dans le modèle de la façon suivante :

$$p_{i,j} = \frac{D_{i,j}^{-\alpha} P_j^{\beta} S_j}{\sum_{k=1}^n D_{i,k}^{-\alpha} P_k^{\beta} S_k} \quad (7.3)$$

avec :

- $p_{i,j}$, la probabilité pour une personne résidant en i d'aller en j ⁵
- $D_{i,j}$, la distance entre les régions i et j (c.f. section 7.1.2)
- $\alpha \geq 0$, le paramètre de frein de la distance
- P_j , la population de la région j
- $\beta \geq 0$, le paramètre de pondération de l'attractivité de la population
- S , une variable binaire renseignant sur la présence d'attributs touristiques dans la région j (qui n'intervient que dans le choix d'une destination touristique)
- n , le nombre total de régions formant le système géographique

Pour chaque individu, nous sélectionnerons aléatoirement au début de chaque simulation une destination de travail et de vacances en fonction des distributions de probabilité déterminées par l'équation 7.3.

7.2 Analyses de l'effet de la structure spatiale sur les comportements du modèle de simulation

Dans cette partie, nous chercherons à évaluer si les comportements observés du modèle de simulation varient selon le degré de réalisme du système spatial. Par comportement, nous entendons le sens et l'intensité de la relation entre les caractéristiques régionales et la vitesse de diffusion des pièces. Pour rappel, les facteurs géographiques intégrés dans

5. Comme les mobilités internes sont considérées dans le modèle, une probabilité $p_{i,i}$ est également définie.

le modèle de simulation permettent de différencier les régions selon la taille de leurs populations, leurs positions relatives dans le système et, selon les systèmes spatiaux, selon la présence ou l'absence d'attributs touristiques.

Après avoir présenté les valeurs utilisées pour les différents paramètres qui influent le choix des destinations des mobilités individuelles (partie 7.2.1), nous comparerons la vitesse de convergence des régions vers un mélange parfait au sein des différents systèmes spatiaux (partie 7.2.2). Nous confronterons ensuite les différents systèmes au regard de la variabilité régionale dans la diffusion des pièces, liée au comportement stochastique intrinsèque aux transactions monétaires (partie 7.2.3). Enfin, une analyse statistique de ces différentes relations sera réalisée afin d'en préciser les différentiels de nature et d'intensité (partie 7.2.4).

7.2.1 Valeurs des paramètres exogènes

Afin de mieux comprendre l'impact spécifique des variations géographiques sur les circulations des individus et pièces, tous les autres paramètres sont tenus constants. La situation de référence est telle que les régions ont les mêmes paramètres exogènes. Le paramètre de frein de la distance est fixé à $\alpha = 0,18$, ce qui correspond à la valeur estimée par le modèle empirique de l'intensité de la diffusion des pièces euro étrangères en France (c.f. chapitre 5). Dans le chapitre précédent, nous avons montré que plus l'on augmentait la population d'une des deux régions, plus le processus de brassage des pièces était ralenti, alors que l'accroissement de l'écart entre les taux de mobilité entre les régions freinait moins fortement la vitesse du mélange. En fixant le paramètre de distance en fonction de la valeur estimée au chapitre 5 par l'analyse des porte-monnaie observés en France, nous nous intéresserons donc plus particulièrement aux effets spécifiques des différents facteurs d'attractivité régionale et des distances entre les lieux.

Les modèles empiriques n'ont pas permis d'estimer l'effet de la taille du lieu de résidence sur la diffusion des pièces, notamment car les porte-monnaie les plus sur- et sous-internationalisés se retrouvent le plus fréquemment au sein des grandes métropoles. Dans cette situation de référence, comme nous n'avons aucune idée préalable de l'effet du facteur d'attractivité de la population des régions, nous faisons l'hypothèse qu'il s'agit d'une relation linéaire avec la population. Le paramètre est donc fixé à $\beta = 1$. La valeur du paramètre de pondération de la population sera estimée dans la dernière partie du chapitre.

Enfin, comme nous l'avons expliqué dans le chapitre précédent, le taux de mobilité générale μ peut théoriquement prendre n'importe quelle proportion, et nous avons fixé arbitrairement cette proportion à 10 % de la population résidente.

Pour chaque série de simulations au sein d'une structure géographique spécifique, nous travaillerons à partir des valeurs moyennes des différents indices obtenues après 100 répliques, dont la variabilité fera l'objet d'une analyse détaillée.

7.2.2 Vitesse de convergence des régions vers un mélange parfait

Mesures du mélange et vitesse de diffusion

Pour rappel, dans le chapitre précédent nous avons défini la vitesse de convergence comme la durée nécessaire à l'atteinte d'un équilibre statique, dans lequel les propriétés du système (la répartition des différentes origines de pièces) restent inchangées au cours du temps.

A la différence des modèles à deux régions, l'équilibre et le mélange parfait simulés au sein de structures géographiques multi-régionales peuvent être atteints à des stades de la diffusion différents selon les régions du système. Nous indiquons par t_i^* le moment à partir duquel cette asymptote est atteinte dans une région. Nous désignons enfin par t^* le moment où l'ensemble des unités territoriales du système ont atteint l'équilibre et le mélange parfait.

Effets de la structure géographique sur la vitesse de convergence

Nous avons d'abord cherché à comprendre comment la structure géographique du modèle pouvait interférer avec le processus de diffusion des pièces. Pour cela, nous avons comparé la valeur de t^* pour les différents modèles (tableau 7.2).

On remarque que plus la structure géographique se complique, plus la convergence vers le mélange parfait et l'équilibre est lente.

Le tableau 7.2 montre plus particulièrement qu'au sein de chacun des systèmes où des différences de population entre régions existent, les régions bénéficiant de populations nombreuses convergent plus rapidement que les autres. D'autre part, dans les modèles linéaires, les régions localisées en bordure du continent convergent moins rapidement que les régions localisées au centre. Néanmoins, les effets de taille de population introduisent une plus grande différence entre régions que les effets de bordure. L'effet conjoint de ces deux variables diminue la vitesse de convergence des régions vers le mélange parfait et l'équilibre.

La faiblesse relative des différences de vitesse de convergence vers un mélange parfait, qui s'observent entre les modèles à trois régions et les modèles multi-régionaux, montre que ce n'est pas tant le nombre d'entités territoriales et de porteurs de monnaie qui ralentissent

Système	Territoire	Population	Frontières	t^* (durée)
Circulaire avec populations égales	Région 1	1000	2	120 (10 ans)
	Région 2	1000	2	120 (10 ans)
	Région 3	1000	2	120 (10 ans)
Circulaire avec populations inégales	Région 1	1000	2	138 (11 ans et 6 mois)
	Région 2	2000	2	120 (10 ans)
	Région 3	1000	2	138 (11 ans et 6 mois)
Linéaire avec populations égales	Région 1	1000	1	123 (10 ans et 3 mois)
	Région 2	1000	2	117 (9 ans et 9 mois)
	Région 3	1000	1	123 (10 ans et 3 mois)
Linéaire avec populations inégales	Région 1	1000	1	140 (11 ans et 8 mois)
	Région 2	2000	2	119 (9 ans et 11 mois)
	Région 3	1000	1	140 (11 ans et 8 mois)
Linéaire avec populations inégales <i>bis</i>	Région 1	1000	1	140 (11 ans et 8 mois)
	Région 2	1000	2	134 (11 ans et 2 mois)
	Région 3	2000	1	122 (10 ans et 2 mois)
Topologie löschienne	Ensemble $\max(t^*)$	—	—	162 (12 ans et 6 mois)
Topologie et hiérarchie löschiennes	Ensemble $\max(t^*)$	—	—	200 (16 ans et 8 mois)
Topologie et hiérarchie löschiennes avec tourisme	Ensemble $\max(t^*)$	—	—	171 (14 ans et 3 mois)
Territoires du Nord-Ouest de la zone euro	Ensemble $\max(t^*)$	—	—	190 (15 ans et 10 mois)

Tableau 7.2 – Différentiels de durée de convergence vers le mélange parfait (t^*) par région et par type de système spatial

le processus de brassage de pièces dans le modèle simulé, que les différences entre régions d'un même système.

Enfin, la comparaison des vitesses de convergence globale des systèmes multi-régionaux d'inspirations löschienne et christallerienne nous apprend que l'introduction de mobilités touristiques réduit conséquemment la durée nécessaire au mélange des pièces permettant leur équirépartition entre les différentes régions. A l'inverse, les différentiels de populations sont, eux, sources d'un ralentissement du brassage.

Disparités territoriales de la vitesse de convergence

Afin de figurer comment les différents effets des caractéristiques régionales influençaient la vitesse du mélange local des pièces, nous avons cartographié les valeurs de t_i^* dans chacun des quatre systèmes multi-régionaux.

La figure 7.4-*a* montre que lorsqu'aucune distinction n'est faite entre les populations régionales et qu'aucune région ne bénéficie d'attraction touristique, alors le temps nécessaire à la convergence vers un équilibre et un mélange parfait est homogène entre les entités territoriales. La diffusion des pièces dans le réseau Löschien semble donc se comporter comme dans le modèle à trois régions à population et localisation équivalentes (modèle circulaire). Il semble en effet qu'il y ait de trop nombreuses interactions de proximité entre les régions dans ce système spatial pour que des différences liées à la situation géographique impactent la diffusion des pièces. Les effets de bordures ne s'observent donc pas dans le cas de ce modèle multirégional, alors que ces derniers ralentissaient la vitesse de convergence des régions extérieures des modèles linéaires.

Lorsque l'on compare la figure 7.4-*b* à la figure 7.4-*a*, autrement dit lorsque l'on observe l'effet de l'introduction de différences de population au sein de la structure Löschienne, on note des distinctions importantes de la vitesse de convergence vers le mélange parfait entre régions pourtant localisées à l'identique dans les deux systèmes. Ces différences ne sont pas seulement liées aux différentiels de population, mais à leur effet conjoint avec la situation géographique : les régions aux populations les plus élevées situées au coeur du continent sont celles où le mélange est le plus rapide. A l'inverse, les petites régions situées en périphérie du continent sont celles où le mélange se fait le moins rapidement. Les résultats de la simulation présentés figure 7.4-*b* montrent également que la proximité d'une région de petite ou de moyenne taille à une région de taille supérieure ne ressort pas comme un facteur bénéfique à la vitesse de diffusion des pièces, comme nous aurions pu l'attendre d'un processus de diffusion par relocalisation.

La figure 7.4-*c* indique que les vitesses de convergence les plus importantes se réalisent au sein des régions touristiques. Ceci est d'autant plus vrai que ces régions jouissent d'une

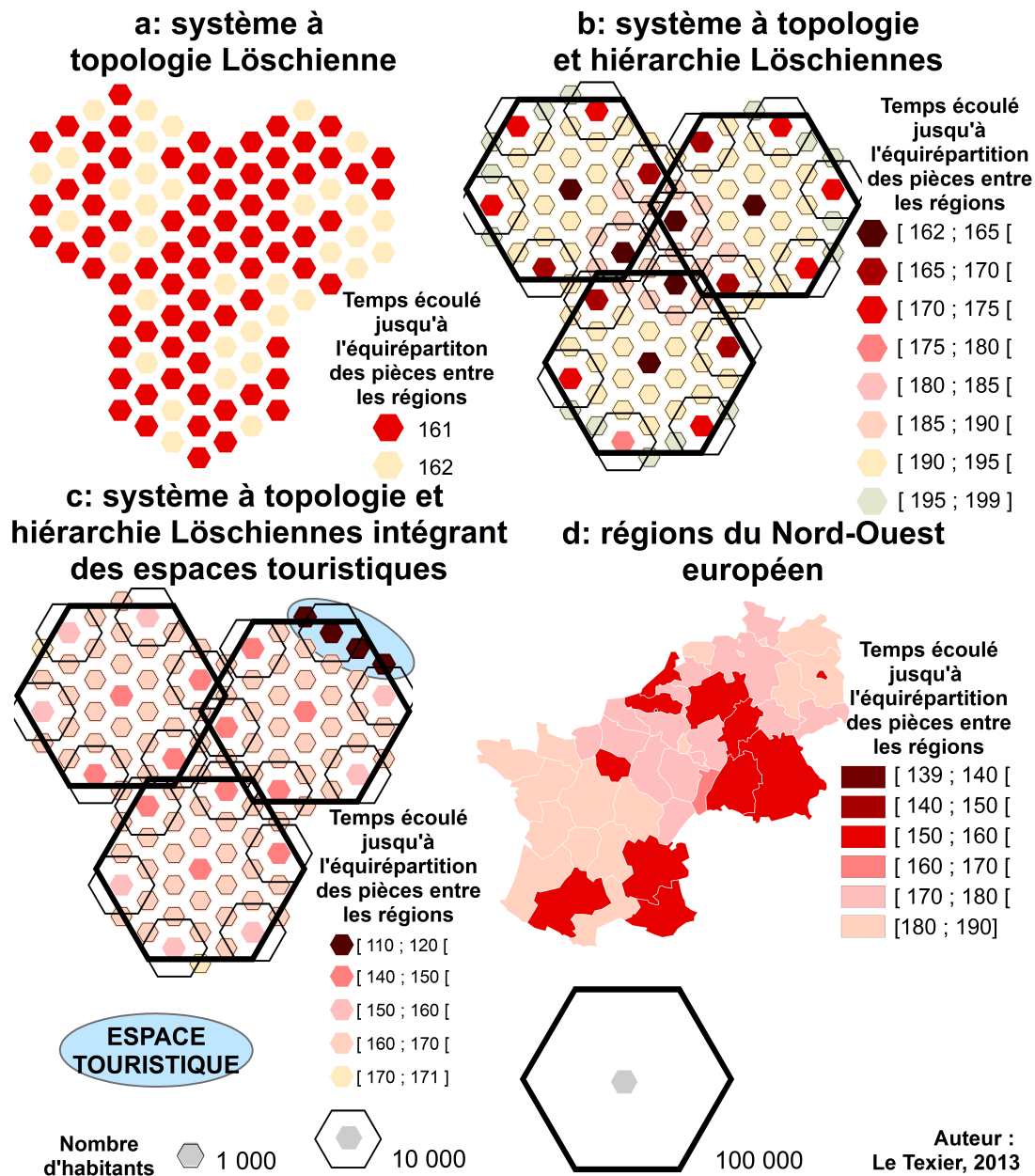


FIGURE 7.4 – Distributions spatiales des valeurs régionales de la vitesse de convergence vers le mélange parfait (t_i^*) dans les différents systèmes spatiaux.

population élevée. On remarque là encore qu'il ne semble pas y avoir de processus de diffusion par relocalisation, puisque les régions situées aux abords des zones touristiques ne bénéficient pas d'une vitesse de convergence plus élevée que les régions de mêmes taille et position appartenant à un pays sans attributs touristiques. Enfin, on note plus généralement que le fait d'introduire des mobilités touristiques réduit l'ampleur des variations entre régions eu égard à leur vitesse de convergence vers un état d'équilibre.

Comme le montre la figure 7.4-*d*, les régions du Nord-Ouest européen désignées comme touristiques sont également celles pour lesquelles la vitesse de convergence vers l'équilibre et le mélange parfait est la plus rapide (figure 7.3-b). La région de Bruxelles converge vers cette situation d'équilibre dix pas de temps avant les autres régions touristiques, ce qui indique que plus l'attractivité d'une région faiblement peuplée est importante, plus le brassage des pièces résultant de ces flux de personnes est rapide. Un effet centre-périphérie ressort aussi, au détriment des régions les plus éloignées des frontières. La différence entre l'Alsace et le Luxembourg semble quant-à-elle exprimer l'importance de l'environnement géographique, et plus particulièrement des potentiels d'opportunités de mobilité des résidents d'une région, le voisinage de l'Alsace étant plus peuplé que celui du Luxembourg (c.f. figure 7.3-a).

7.2.3 Facteurs de la sensibilité régionale à l'aléa selon le type de systèmes

L'introduction de comportements stochastiques dans le choix des destinations de mobilité de travail et touristiques, et plus fortement dans la sélection aléatoire des individus participant aux échanges pourrait néanmoins rendre les résultats moyens issus des 100 réplifications du modèle peu fiables. Nous avons en effet fait l'hypothèse en conclusion du chapitre précédent (chapitre 6) que plus la géographie du modèle est réaliste, et donc plus les possibilités d'interactions spatio-temporelles non-linéaires sont variées, plus l'effet de l'aléa dans le modèle risque d'être important, autrement dit plus le processus de diffusion simulé risquait d'être incertain. Nous avons donc mesuré le degré d'incertitude entourant les variables de sortie du modèle.

Mesure de la variabilité entre réplifications

Un paramètre de sensibilité à l'aléa σ_i est défini pour chaque région i . Il mesure la moyenne de l'écart-type entre les valeurs simulées par les différentes réplifications du modèle à chaque étape de diffusion t_i . Le paramètre σ exprime quant-à-lui la valeur moyenne des σ_i au sein d'un même système.

Variations de la sensibilité à l'aléa selon les structures spatiales

Le tableau 7.3 rend compte de l'importance de l'élément stochastique dans les interactions entre individus sur les valeurs simulées de la diffusion de pièces de différentes origines au sein de systèmes géographiques de plus en plus réalistes.

Système	Territoire	Population	Frontières	σ
Circulaire avec populations égales	Region 1	1000	2	0,002
	Region 2	1000	2	0,002
	Region 3	1000	2	0,002
Circulaire avec populations inégales	Region 1	1000	2	0,007
	Region 2	2000	2	0,002
	Region 3	1000	2	0,007
Linéaire avec populations égales	Region 1	1000	1	0,002
	Region 2	1000	2	0,002
	Region 3	1000	1	0,002
Linéaire avec populations inégales	Region 1	1000	1	0,002
	Region 2	2000	2	0,001
	Region 3	1000	1	0,002
Linéaire avec populations inégales <i>bis</i>	Region 1	1000	1	0,002
	Region 2	1000	2	0,002
	Region 3	2000	1	0,001
Topologie löschienne	System (σ)	—	—	0,002
Topologie et hiérarchie löschienne	System (σ)	—	—	0,002
Topologie et hiérarchie löschienne avec tourisme	System (σ)	—	—	0,003
Territoires du Nord-Ouest la zone euro	System (σ)	—	—	0,001

Tableau 7.3 – Écarts de l'incertitude (variabilité des résultats liée à l'aléa) entourant le modèle de simulation de la diffusion des euros entre les différents systèmes spatiaux.

Il ressort des analyses présentées dans le tableau 7.3 que l'évolution du processus de diffusion n'est pas plus sensible à la sélection aléatoire des individus participant aux différentes transactions dans les systèmes à trois-régions que dans les systèmes multi-régionaux. Les différences de sensibilité à la stochasticité du modèle les plus élevées s'observent plus fortement au sein de chacun des systèmes. On remarque que dans les modèles à trois régions, les différentiels de population entre régions accroissent les écarts : les valeurs de σ_i se réduisant avec l'importance du nombre de résidents. La sensibilité des petites régions à l'aléa est toutefois plus importante dans le modèle circulaire que dans le modèle linéaire.

Le fait que les régions les plus petites et les moins isolées soient les plus sensibles à

l'aléa n'est pas une observation nouvelle. Bonabeau *et al.* (1998) l'avaient déjà remarqué dans le cas de la modélisation de la diffusion de la grippe. Nos résultats appellent néanmoins à relativiser ce constat, puisque dans le système linéaire, la localisation des petites communautés d'individus au centre ou en périphérie du réseau n'augmente pas le degré d'incertitude des résultats qu'on y observe.

Dans la sous-partie suivante, nous allons chercher à caractériser les variations spatiales de l'incertitude au sein des différents modèles multi-niveaux afin de vérifier si les effets de taille et de centralité observés pour les modèles à trois régions sont modifiés lorsque l'on complexifie la structure géographique.

Disparités spatiales de l'incertitude des mesures

La figure 7.5 rend compte de la localisation des coefficients d'incertitude les plus importants au sein de chaque modèle multi-régional.

Le modèle intégrant une topologie du réseau régional de type Löschien sans y associer de différentiels de population ne montre pas de différences importantes selon la localisation des régions (figure 7.5-a). Des structurations spatiales ressortent, à l'inverse, dans les figures 7.5-b, 7.5-c et 7.5-d.

Dans le système à topologie et hiérarchie löschien sans (figure 7.5-b) et avec attributs touristiques (figure 7.5-c), l'effet du poids démographique des régions tend à être identique à celui observé dans les modèles à trois régions, puisque les variabilités des variables de sortie les plus faibles sont observées dans les régions les plus peuplées. On observe néanmoins des différences liées à la localisation au sein du groupe de régions de taille moyenne. Les cartographies ne permettent pas de caractériser ce dernier effet, et ce d'autant plus qu'il semble varier d'un système à l'autre.

La recherche d'explications des variations spatiales de l'incertitude des valeurs locales de sortie du modèle n'est pas non plus facilitée par la lecture de la cartographie 7.5-d, où ni la taille des populations régionales ni la localisation ne ressortent comme des facteurs spécifiques de sensibilité à l'aléa. La valeur élevée de l'incertitude au Luxembourg semble néanmoins indiquer que le fait qu'une région soit située au centre du système et bénéficie d'une population relativement faible augmente la variabilité des résultats, comme dans le cas du modèle circulaire à trois régions.

L'analyse du degré de complexité des interactions individuelles liée à la structure géographique de ces modèles requiert une étude plus approfondie de l'effet des différents facteurs géographiques sur les sorties du modèle de simulation.

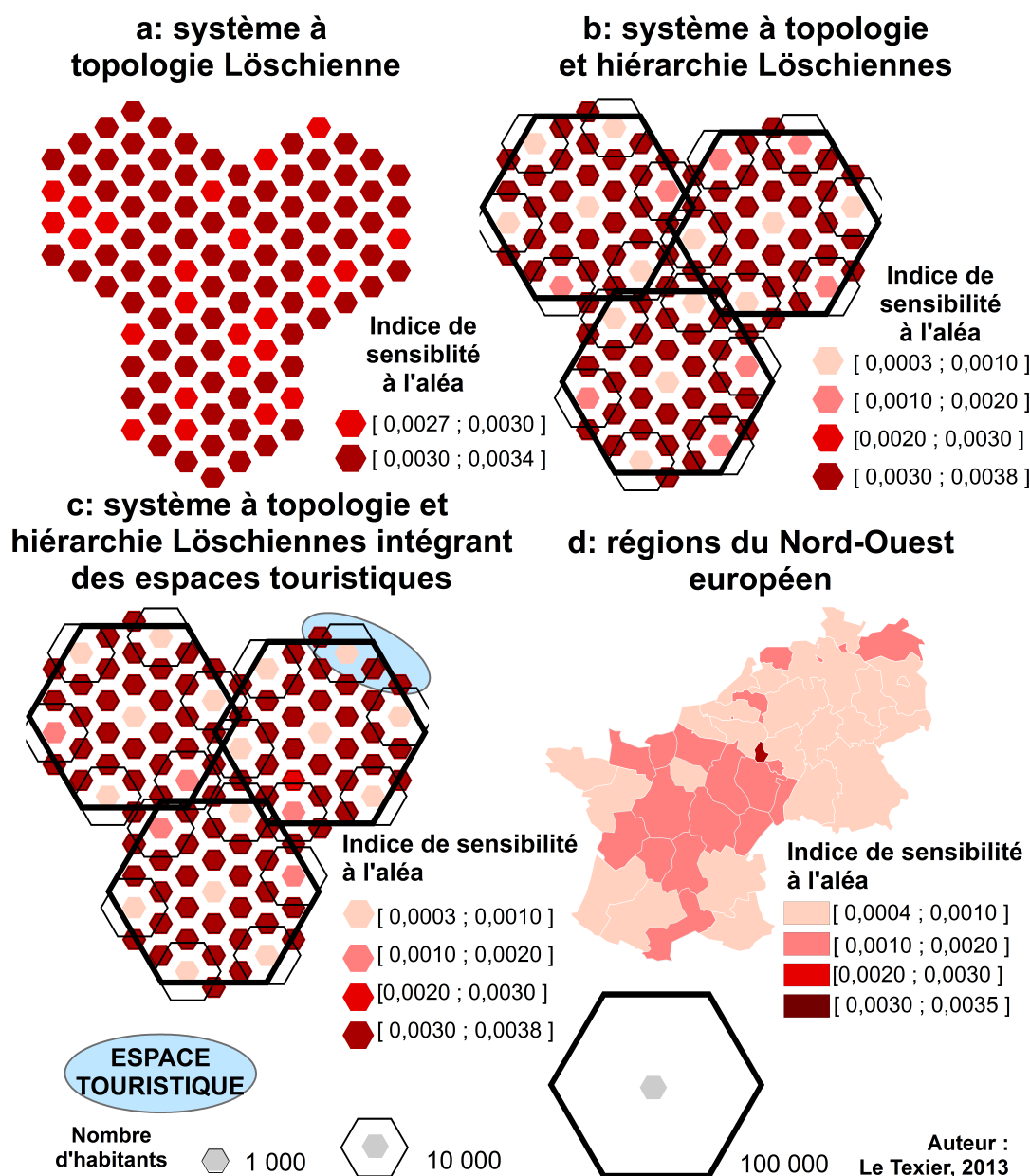


FIGURE 7.5 – Distributions spatiales des valeurs régionales de la sensibilité à l'aléa (σ_i) dans les différents systèmes.

7.2.4 Comparaison des tendances et amplitudes des comportements des systèmes spatiaux théoriques et empiriques

Les analyses précédentes ont montré des différences entre les systèmes au regard de leurs vitesses de convergence vers un mélange parfait et de leurs sensibilités à la présence d'un processus aléatoire. Dans cette section, nous souhaitons déterminer statistiquement si les différences régionales influencent avec la même intensité les disparités locales des valeurs de t^* et σ selon si la diffusion des pièces est simulée dans un espace théorique ou dans un système spatial réaliste. Pour ce faire, nous élaborons des comparaisons entre le système à topologie et hiérarchie löschienne avec mobilités touristiques d'une part, et le système modélisant le Nord-Ouest de la zone euro (tenant compte des mobilités touristiques) de l'autre.

Nous avons résumé les règles contrôlant les flux d'agents mobiles entre régions en trois variables : une variable mesurant l'attractivité des régions auprès de l'ensemble des agents mobiles du système (A), une variable quantifiant l'opportunité de déplacements extérieurs pour les agents mobiles d'une région (O) et la variable binaire S renseignant sur la présence d'attributs touristiques dans les régions. Avec $p_{i \rightarrow j}$ dénotant l'attractivité absolue d'une région j sur les individus résidant dans une région i et avec $A_{i \rightarrow j}$ indiquant l'attractivité relative de la région j sur les résidents de la région i , nous avons :

$$p_{i \rightarrow j} = \frac{P_j}{D_{ij}} \quad (7.4)$$

$$O_i = \sum_{j=1}^n p_{i \rightarrow j} \quad (7.5)$$

$$A_{i \rightarrow j} = \frac{p_{i \rightarrow j}}{O_i} \quad (7.6)$$

$$A_j = \sum_{i=1}^n A_{i \rightarrow j} \quad (7.7)$$

Le tableau 7.4 rend compte de l'intensité et la significativité statistiques des relations mesurées entre les variables permettant de caractériser la position des régions au sein du système de mobilité d'une part, et les variables renseignant sur l'état de la diffusion des pièces dans les différents système de l'autre⁶.

Parmi les résultats principaux, on remarque que les simulations réalisées au sein des deux systèmes géographiques montrent des comportements proches au regard de l'influence de

6. Comme le nombre de régions possédant des attributs touristiques est trop faible pour permettre aux valeurs de t_i^* et σ_i d'être distribuées normalement, nous avons utilisé le test non paramétrique de Wilcoxon/Mann-Whitney pour tester l'égalité des moyennes entre ces deux groupes.

	Attractivité (Test de corrélation linéaire de Bravais-Pearson)	Opportunité (Test de corrélation linéaire de Bravais-Pearson)	Tourisme Test de comparaison de variances de Mann-Whitney)
t_i^*			
Lösch	-0,35***	0,38***	0***
and tourism			
Regions	-0,51***	-0,26.	0***
of EMU et tourisme			
σ_i			
Lösch	-0,59***	0,44***	141
and tourism			
Regions of	-0,68***	0,13	51***
EMU et tourisme			

Note de lecture : Le degré de significativité des résultats des différents tests est donné par : *** = 0 ; ** = 0,001 ; * = 0,01 ; . = 0,05.

Tableau 7.4 – Intensité et significativité des relations entre paramètres d'entrée et de sortie du modèle de simulation selon le degré de réalisme du système spatial

l'attractivité des régions sur la vitesse de convergence globale vers le mélange parfait et la plus ou moins grande sensibilité à l'aléa. En effet, plus la population d'une région est importante relativement aux régions l'environnant, et, par conséquent, plus le nombre d'agents s'y rendant pour travailler et participant à des échanges monétaires est élevé, plus long est le temps nécessaire à l'atteinte du mélange parfait.

Ce résultat diffère de ceux observés pour les modèles à trois régions. Dans ces modèles, les régions bénéficiant des populations les plus élevées et étant situées au centre du système étaient les premières à atteindre le mélange parfait. Il semble qu'au sein des systèmes spatiaux comprenant plus de trois régions, la multiplicité de l'origine des visiteurs dans les régions très attractives introduise un bruit important dans les « hubs » de transactions monétaires, ce qui ralentit le processus de brassage.

Les régions les plus attractives (en termes de taille de population et/ de centralité géographique) sont toutefois moins sensibles que les autres à la définition probabiliste des diverses destinations des agents et à leur tirage aléatoire au moment des échanges. Notre explication ne diffère pas de celle faite dans le chapitre précédent pour le cas des systèmes à deux régions : le théorème central limite établit en effet qu'au-delà d'un certain nombre d'événements aléatoires de même loi, on peut considérer que leur distribution de probabilité suit une loi normale. Plus la population d'une région est importante, plus faible est donc la probabilité que le tirage aléatoire introduise des différences importantes entre les répliques du modèle.

Deux résultats distinguent néanmoins les comportements du modèle de simulation obser-

vés dans le système spatial d'inspiration löschienne et dans le système spatial représentant le Nord-Ouest de la zone euro.

Premièrement, le fait de résider dans une région où l'incitation à se déplacer pour un motif de travail est élevée n'impacte pas de la même manière la diffusion des pièces au sein des deux systèmes. Dans le premier type d'espace, le fait d'être entouré de régions plus peuplées que sa région de résidence tend à accroître la durée nécessaire au mélange parfait. Le sens de la relation entre la valeur de l'indice régional d'opportunités et la vitesse de convergence locale s'inverse lorsque les simulations sont réalisées au sein d'un environnement imitant le Nord-Ouest de la zone euro : les régions de ce système spatial bénéficiant d'une valeur de O élevée sont celles où le mélange des différentes origines de pièces est le plus rapide. L'asymétrie de la structure spatiale modifie donc l'effet de l'opportunité de mouvement des résidents d'une région sur la vitesse de brassage simulée.

Finalement, les résultats des tests de Wilcoxon/Mann-Whitney confirment l'existence d'une différence statistique des vitesses de convergence entre les régions touristiques et les régions non touristiques, comme nous l'avions supposé en observant les cartographies présentées figure 7.4. La capacité à attirer des flux de touristes n'a toutefois pas la même influence sur les valeurs régionales de l'incertitude (σ_i) dans les deux systèmes géographiques. Alors que la présence d'attributs touristiques n'impacte pas significativement la sensibilité des régions à l'élément aléatoire dans le système löschien, c'est le cas dans le système représentant le Nord-Ouest européen. Ces résultats doivent néanmoins être interprétés avec précaution puisqu'ils ne sont pas obtenus « toutes choses égales par ailleurs ». Or, dans le système géographique imitant le Nord-Ouest de l'Europe, les régions touristiques sont également des régions très peuplées (figure 7.3), ce qui n'est pas le cas dans le système löschien.

7.3 Calibrage du modèle et estimation de l'internationalisation des territoires infra-européens

Les comparaisons de la diffusion de pièces au sein de systèmes à la structure géographique de plus en plus réaliste valident l'hypothèse d'un impact significatif de l'espace sur les tendances et amplitudes des phénomènes simulés. Afin de compléter notre analyse, nous nous tournons maintenant vers l'examen de l'adéquation du modèle de simulation du Nord-Ouest européen avec l'empirie.

La procédure de validation empirique du modèle européen menée dans cette section cherchera plus particulièrement à déterminer si l'évolution du mélange des pièces euro en

Allemagne, Belgique, France, Luxembourg et aux Pays-Bas peut être prédite par notre modèle, et dans quelles modalités il converge vers une situation d'équilibre et de mélange parfait.

7.3.1 Présentation des données collectées

Les données empiriques mobilisées sont issues des enquêtes ESDO réalisées en France, en Allemagne et en Belgique, ainsi que de l'enquête PSELL-3 du CEPS-Instead réalisée au Luxembourg et du site internet Eurodiffusie (pour plus de détails sur ces enquêtes, c.f. chapitre 3). Les données collectées sont brièvement décrites dans le tableau 7.5⁷.

	France	Belgique	Allemagne	Luxembourg	Pays-Bas
Sources	ESDO	ESDO	ESDO	CEPS Instead	Eurodiffusie
Enquêtes sélectionnées	15 (Juin 2002 - Décembre 2011)	1 (Décembre 2003)	1 (Décembre 2005)	1 (Mars- Juillet 2006)	10 (Décembre 2002-2011)
Echelle d' analyse	NUTS2	NUTS1	NUTS1	NUTS0	NUTS0
Nombre d'unités territoriales sélectionnées	15	3	16	1	1
Nombre de pièces observées	217 994	9 083	27 417	48 104	92 678

Tableau 7.5 – Présentation des données d'enquêtes utilisées pour le calibrage du modèle de simulation de la diffusion des euros étrangers dans les régions du Nord-Ouest européen.

Les données pour les Pays-Bas ne sont disponibles qu'à l'échelle du pays. Nous n'avons pas voulu utiliser cette échelle d'agrégation dans nos simulations car cela aurait biaisé la définition des attractivités territoriales. Afin de comparer la répartition simulée des pièces au sein des quatre régions NUTS 1 des Pays-Bas aux données collectées pour l'ensemble du pays, nous utiliserons les moyennes pondérées par les populations régionales de la proportion de chaque origine de pièces. Nous faisons donc le postulat fortement réducteur que les participants à l'enquête Eurodiffusie sont également dispersés au sein des régions du pays.

7. Afin de mieux illustrer les différences empiriques entre territoires, nous n'avons gardé pour chaque enquête que les régions où plus de 20 porte-monnaie avaient été observés.

7.3.2 Ajustement général

Afin de comprendre comment les variations de taux de mobilité et de pondération de l'attractivité des populations peuvent affecter notre capacité à prévoir le processus de diffusion à l'échelle régionale, nous allons à présent calibrer le modèle aux valeurs empiriques.

Le terme d'erreur (Err) est défini comme la somme des différences élevées au carré entre les valeurs simulées⁸ et les proportions observées de pièces dans chacun(e) des régions/pays en fonction de leur pays d'émission.

Le terme d'erreur Err est calculé pour $\alpha = 0,18$ et la proportion d'agents partant en vacances est fixée à 21% (c.f. sections 7.1.3 et 7.2.1). D'autre part, nous avons considéré qu'un pas de temps du modèle de simulation équivaldrait à un mois. Pour un niveau donné de taux de mobilité et de pondération de la population, faire varier l'incrément de temps revient à changer le nombre d'échanges (c.f. chapitre 6). Dans ce chapitre, nous assumons également par simplification qu'il y a une série d'échanges une fois les agents mobiles arrivés à destination et une série d'échanges une fois les agents mobiles rentrés chez eux par pas de temps.

Les analyses empiriques et la revue de la littérature réalisées dans les parties précédentes ne nous ont pas permis de déterminer un point de départ pour les calibrages du taux de mobilité μ et du paramètre de pondération de la population β . Un calibrage lâche a ainsi d'abord été réalisé afin de réduire les valeurs potentielles de μ et de β en diminuant la valeur du terme d'erreur Err par tâtonnements. Tout comme dans le cas des simulations dans un système à deux régions (chapitre 6), cette exploration a révélé un comportement monotone. Nous avons donc fait varier systématiquement le taux de mobilité général μ entre 0,01 et 0,21 par le biais d'un incrément équivalent à 0,02 et le paramètre de pondération de la population β de 0 à 4 par un incrément d'une valeur de 0,4.

Le termes d'erreur Err est minimisé ($Err = 21,03$) avec $\mu = 0,01$ et $\beta = 2,00$. Comme l'objectif du processus de simulation est la compréhension du processus potentiellement complexe de la diffusion des pièces de monnaie par l'implémentation d'une série de faits stylisés (et donc de simplification des comportements individuels) et non sa prévision, nous n'interpréterons pas la valeur des paramètres. Néanmoins, il est intéressant d'observer le comportement conjoint des valeurs du taux de mobilité et du paramètre de pondération de la population.

La figure 7.6 montre que la valeur du terme d'erreur Err décroît d'autant plus que le taux

8. Comme la sensibilité des résultats du modèle à l'aléa était faible (voir la section 7.2.3), nous avons, pour des raisons de temps de calcul, de stockage et traitements des résultats, réduit le nombre de répliques à 30 - qui correspond au consensus sur le nombre minimal recouru pour les tests statistiques.

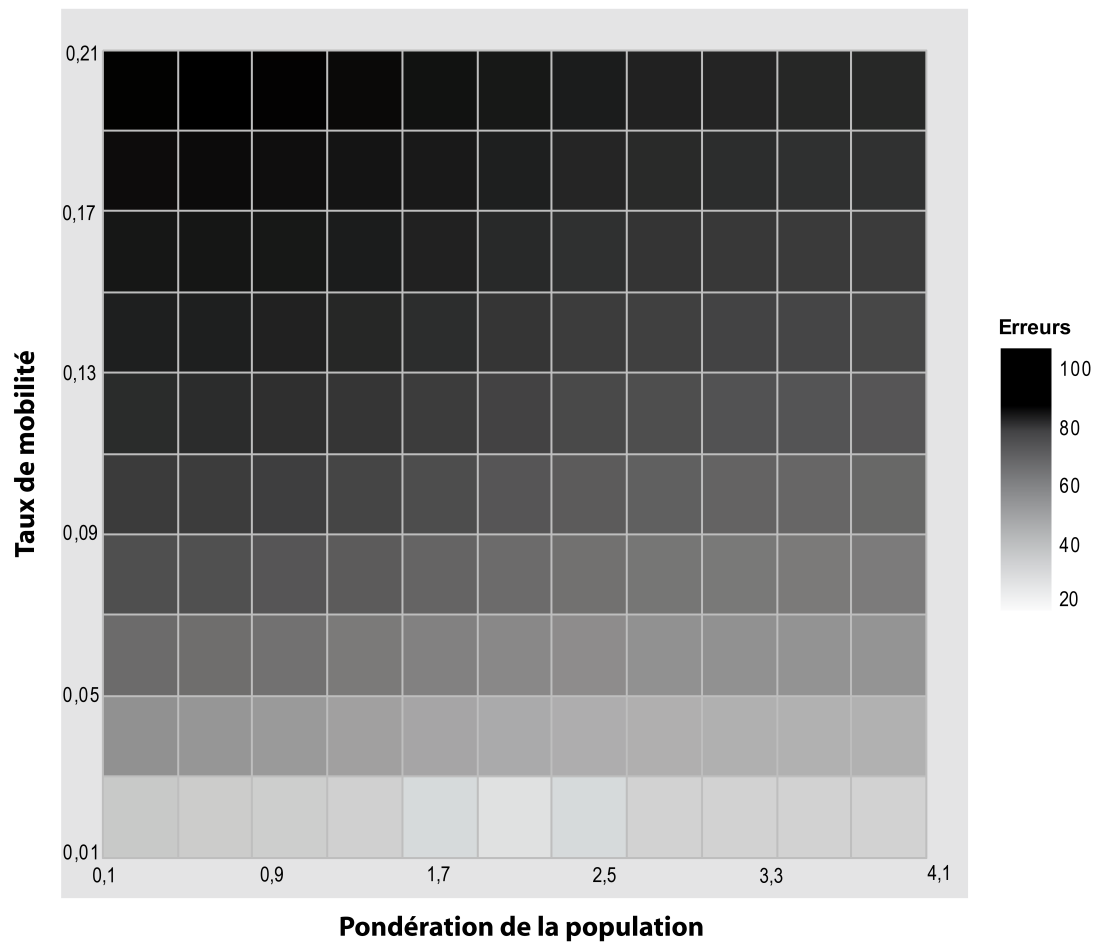


FIGURE 7.6 – Sensibilité du terme d’erreur (Err) aux valeurs du taux de mobilité μ et du paramètre de pondération de la population (β).

de mobilité μ est proche de 0. En outre, plus forte est la valeur de μ , moins la valeur de β introduit de différences entre les simulations au regard de la valeur prise par Err . Nous observons cependant que, hormis pour $\mu = 0,01$, le terme d'erreur réduit progressivement avec la décroissance des valeurs de β .

D'autre part, $\mu = 0,01$ retourne le plus petit terme d'erreur peu importe la valeur du paramètre de pondération de la population. En effet, pour $\mu = 0,01$ la valeur de Err décroît progressivement de $\beta = 0$ à $\beta = 2$ et augmente ensuite faiblement de $\beta = 2$ à $\beta = 4$. Le meilleur ajustement aux données empiriques est donc obtenu dans un système caractérisé par de très faibles mobilités inter-régionales ($\mu = 0,01$) et un effet relativement important de la hiérarchie régionale ($\beta = 2$).

7.3.3 Variations des erreurs d'estimation individuelles à travers le temps

Les valeurs calibrées de μ et de β permettent de minimiser le terme d'erreur globale Err . Cela ne signifie pas pour autant qu'elles permettent de réduire les écarts entre valeurs observées et estimées pour chacune des observations. Afin de mieux spécifier le degré d'adéquation du modèle aux données empiriques, nous allons vérifier s'il estime avec la même exactitude la répartition des pièces à travers le temps et l'espace.

L'erreur locale err_i^t mesure pour une région particulière i la somme des écarts élevés au carré entre la part estimée par le modèle calibré de chaque origine de pièces I, J, \dots, K dans l'ensemble et la part observée par les différentes enquêtes au temps t .

La figure 7.7 représente la variabilité des erreurs locales err_i^t entre entités spatiales à chaque moment d'enquête. La ligne rouge trace la valeur moyenne de ces erreurs individuelles. Hormis pour quelques exceptions, nous pouvons remarquer que le modèle offre une estimation des répartitions régionales de pièces de moins en moins correcte à mesure que la simulation avance dans le temps⁹. Ces résultats sont néanmoins à interpréter avec précaution puisque pour chaque période d'enquête les entités régionales pour lesquelles nous disposons de données collectées diffèrent.

9. Nous avons calibré une seconde fois le modèle en ne tenant compte que des dernières enquêtes, réalisées à partir de janvier 2007 ($t = 61$). Les mêmes valeurs de μ et de β ont permis de réduire le terme d'erreur Err .

Valeur des erreurs individuelles

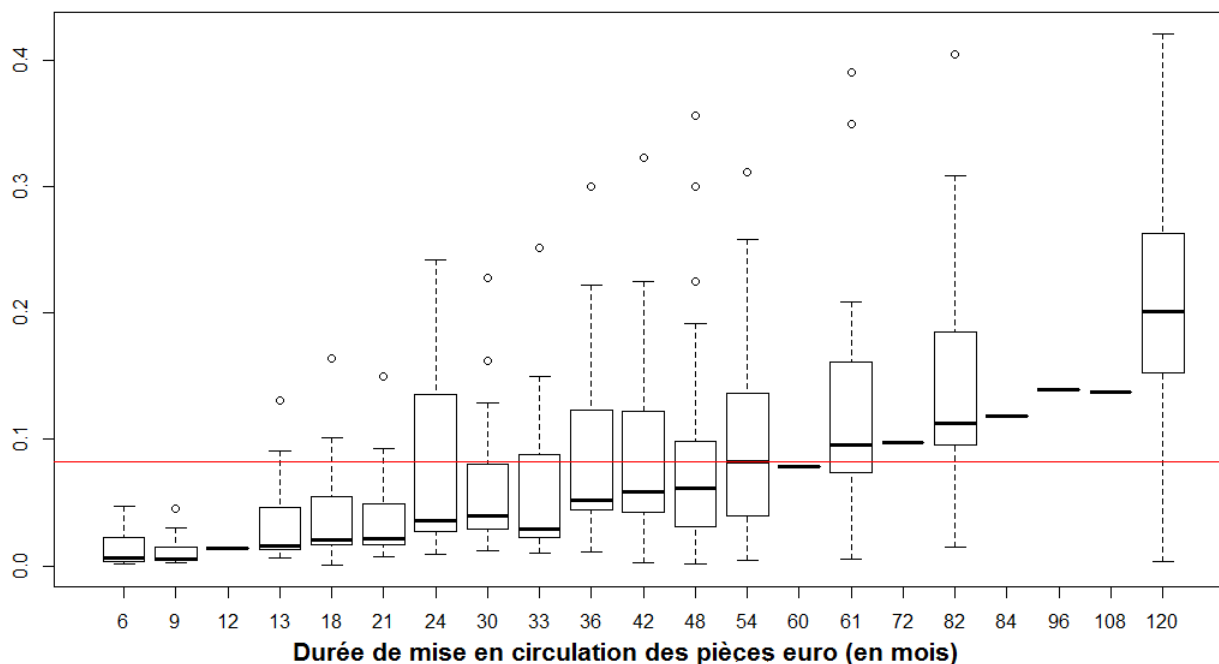


FIGURE 7.7 – Variabilité temporelle des erreurs d’estimation des répartitions des différentes origines de pièces par région.

7.3.4 Variations des erreurs d’estimation individuelles à travers l’espace

La répartition spatiale des erreurs individuelles est représentée figure 7.8.

La cartographie représentée figure 7.8 montre que les erreurs locales moyennes les plus élevées se retrouvent dans les régions définies dans le modèle de simulation comme des territoires touristiques. Diverses raisons peuvent expliquer cette mauvaise spécification. En premier lieu, le modèle pourrait être mal calibré : la fréquence des flux touristiques et/ou le nombre de touristes serai(en)t trop ou pas assez élevé(-e-s). Deuxièmement, nous avons pu implémenter les attributs touristiques de façon trop simplifiée pour refléter leur véritable effet : la distinction binaire entre régions touristiques et non-touristiques surestime en effet l’affluence de touristes vers ces régions. En outre, nous n’avons pas distingué les relations réticulaires s’établissant entre les différents pays d’origine des agents et les régions touristiques. Nous n’avons pas non plus tenu compte des divers types de mobilité (en termes de durée, de motif, et de mode de déplacement) lesquels jouent pourtant sur les choix de destination (World Tourism Organization 2012).

La redéfinition des mobilités touristiques à la lumière de ces résultats nécessiterait une exploration complète du comportement du modèle. En effet, la mauvaise caractérisation

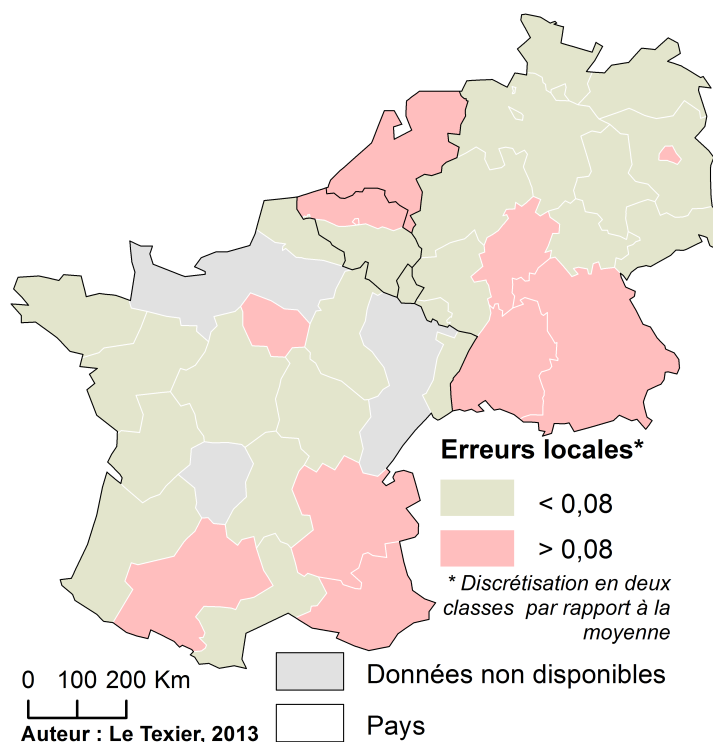


FIGURE 7.8 – Variabilité spatiale des erreurs d’estimation des répartitions des différentes origines de pièces par région.

des mobilités touristiques n’a été déterminée que pour des valeurs particulières des taux de mobilité μ , du paramètre de pondération de la population β , du paramètre de frein de la distance α , de la part du contenu de chaque porte-monnaie échangée à chaque transaction (50%), de l’incrément temporel (1 mois), etc. Cependant, un calibrage complet d’un modèle stochastique comprenant autant de paramètres nécessiterait une puissance de calcul permettant de réaliser des millions, voire des milliards, de simulations (Schmitt *et al.* 2013).

Or, notre motivation originelle pour la simulation de la diffusion des pièces n’était pas la prédiction mais l’explication. Nous voulions valider l’hypothèse selon laquelle les répartitions des pièces dans l’espace et dans le temps reflétaient bien la place des régions au sein du système des mobilités européennes. Il nous est donc apparu plus opportun, en vue du temps qui nous était imparti jusqu’à la fin de la thèse, de chercher à mieux caractériser les différentiels de répartition observée et simulée des pièces étrangères dans ces différentes régions.

7.3.5 Circulations internationales observées et simulées des euro

Dans cette section, nous allons donc chercher à comprendre quels types de mobilité semblent le plus sous ou sur-estimés par le modèle de simulation tel que nous l'avons calibré. Pour ce faire, nous avons calculé les valeurs absolues des écarts entre trois mesures observées et simulées de l'internationalisation des régions et pays étudiés. Ces indices sont repris d'une publication co-écrite avec Claude Grasland (Grasland et Le Texier 2013). Ils rendent compte de chacune des trois figures de l'internationalisation présentées dans le chapitre 1 et appréhendées à l'échelle des porte-monnaie dans le chapitre 5. Pour les définitions empiriques comme simulées de ces indices, nous ne travaillons qu'avec les pièces émises par l'un des cinq pays étudiés.

Le premier indice (*INT*) mesure l'intensité de la présence de pièces étrangères dans une région. Il varie de 0 (absence de pièces étrangères) à 1 (l'ensemble des pièces observées a été émis à l'étranger). Avec FI désignant le nombre de pièces émises par le pays I d'appartenance d'une région i , et FJ les pièces émises dans un pays étranger J , l'indice d'intensité s'écrit de la sorte :

$$INT_i = \frac{FI_i}{FI_i + \sum_{FJ=1}^n FJ_i} = \frac{FI_i}{P_i} \quad (7.8)$$

L'indice de diversité (*DIV*) est quant-à-lui dérivé des mesures d'entropie. Il varie entre 0 (présence exclusive d'une origine de pièces) à 1 (répartition équilibrée des différentes origines de pièces). Il se définit comme suit :

$$DIV_i = -\frac{\sum_{FJ=1}^n \frac{FJ_i}{P_i} \ln\left(\frac{FJ_i}{P_i}\right)}{\ln(n)} \quad (7.9)$$

Enfin, l'indice (*EXT*) mesure la portée de l'internationalisation des territoires. Il varie entre 0 (toutes les pièces étrangères ont été émises par le pays le plus proche) à 1 (toutes les pièces étrangères ont été produites par le pays le plus éloigné). Avec $\bar{D}_{i..}$ désignant la distance minimale moyenne traversée par une pièce étrangère observée en i (7.10), nous pouvons définir que :

$$\bar{D}_{i..} = \frac{\sum_{FJ=1}^n FJ_i D_{i,J}}{P_i} \quad (7.10)$$

$$EXT_i = \frac{\bar{D}_{i..} - \min(D_i, J)}{\max(D_i, J) - \min(D_i, J)} \quad (7.11)$$

La répartition spatiale des différences absolues entre les valeurs estimées et simulées des différents indices est représentée à travers la série de cartes exposées en figure 7.9. Les

valeurs résiduelles cartographiées pour les régions ayant été enquêtées à plusieurs reprises correspondent aux différences mesurées entre les valeurs moyennes observées et estimées des trois indices.

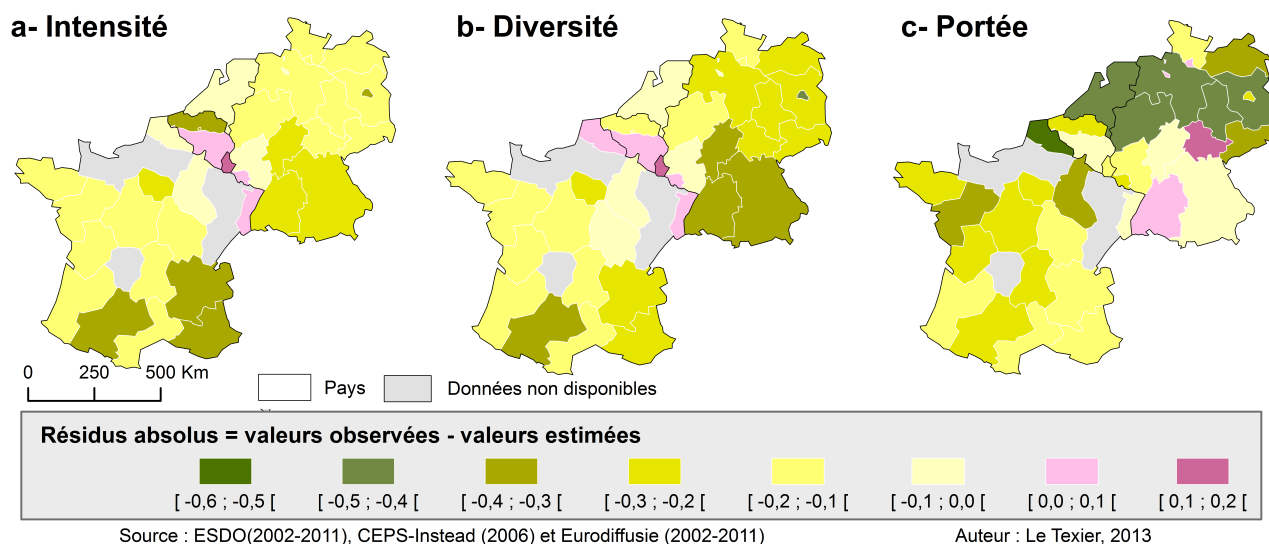


FIGURE 7.9 – Distribution spatiale des erreurs d'estimation des indices d'internationalisation des pièces par régions.

Si l'on s'aperçoit que, d'une manière générale, le modèle a tendance à surestimer le degré de mélange des pièces dans l'ensemble des territoires étudiés - et notamment la portée de l'internationalisation des pièces dans le Nord de l'Allemagne et les Pays-Bas, la localisation des quelques résidus positifs fait ressortir des spécificités intéressantes.

Les cartographies des écarts entre les valeurs simulées et observées des indices d'intensité (figure 7.9-a) et de diversité (figure 7.9-b) montrent ainsi que les espaces transfrontaliers très connectés du « coeur européen » sont plus intensément et diversement internationalisés que ce que ne le laissaient imaginer les mobilités définies dans le modèle de simulation.

Les Länder de Brême, de Hambourg, du Bade-Wuttemberg et de la Thuringe ressortent quant-à-eux plus connectés à plus longue portée que ce que les mobilités définies par le modèle d'interaction spatiale et les attractions touristiques ne le laissent attendre. Il se pourrait que la forte capacité de ces territoires à nouer des relations avec des pays éloignés soit liée à leur spécialisation économique : les ports de Brême et de Hambourg sont parmi les ports les plus importants et les mieux connectés à leur hinterland d'Europe (ESPON 2013), ces villes et celle de Stuttgart dans le Bade-Wuttemberg abritent également les maisons mères de grandes compagnies multinationales telles que Airbus, IBM ou Porsche, etc.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons vérifié que les schémas de la circulation monétaire répondaient bien aux mêmes attracteurs et répulsifs que la mobilité individuelle : effets d'agglomérations, attributs régionaux, ou encore centre et périphérie du système. Le comportement aléatoire des échanges monétaires entre individus, même au sein de systèmes spatiaux compliqués, ne perturbent que peu les traces des mobilités internationales formées par les pièces à l'échelle meso-géographique.

Nous avons également pu montrer que les résultats de modèles de simulation de phénomènes spatio-temporels dépendaient en partie de la structure géographique du système. En effet, les effets de bord, de taille de population, d'attractivité et d'opportunité de mobilité des régions n'impactent pas avec la même intensité, et parfois avec la même tendance, la diffusion des pièces étrangères selon que les expérimentations sont menées dans un système à trois régions ou plus, de structure symétrique ou non.

Nos résultats appuient donc un constat que l'on retrouve depuis longtemps dans la littérature géographique (Hägerstrand 1953, Gould 1969) : celui d'une impossible réduction des processus de diffusion à une dimension unique, qu'elle soit spatiale ou temporelle. Une abstraction trop importante de la structure spatiale dans laquelle s'effectuent les circulations internationales et la diffusion des pièces ne peuvent rendre compte de la nature et interactions réelles entre les différents mécanismes de la mobilité des euros et des Hommes (Brülhart et Torstensson 1996).

Nous avons poursuivi l'exploration de la dynamique de diffusion des pièces par un calibrage empirique du modèle représentant des régions du Nord-Ouest de la zone euro (valeurs issues d'analyses précédentes ou estimées par le modèle de simulation) afin de vérifier s'il permettait ou non de reproduire les répartitions monétaires en Europe. Cette dernière évaluation du modèle nous a permis de comprendre que les mobilités touristiques n'étaient pas définies correctement, et que la mobilité de travail devait être fixée à des seuils relativement bas en dehors de l'espace transfrontalier reliant la France à la Belgique, le Luxembourg et l'Allemagne où l'intensité et la diversité des pièces étrangères est plus importante que ce que prévoyait le modèle.

En effet, lorsque seuls les effets de la localisation géographique sont pris en compte par le modèle, les régions situées au coeur de cette partie de l'Europe sont celles pour lesquelles le modèle parvient le moins bien à estimer la répartition des différentes origines (annexes F.1). L'introduction des différentiels de population entre régions aboutit au même constat (annexes F.2).

Notre modèle sous-estime donc l'internationalisation de territoires spécifiques et sur-

estime les mobilités touristiques ou à longue portée des territoires périphériques du Nord de l'Europe. Pour le reste, il rend relativement bien compte de la diffusion des pièces euro dans l'espace et dans le temps.

La mise en place de prédictions fiables de la diffusion des euros dans le temps nécessiterait un calibrage complet du modèle de simulation, trop compliqué et trop marginal par rapport aux analyses proposées dans cette thèse pour avoir été réalisé. Toutefois, il est intéressant de noter que le modèle calibré en fin de chapitre estime que le mélange parfait ne sera pas atteint dans l'ensemble des régions du Nord-Ouest de la zone euro avant février 2098 (figure 7.10), soit 1153 mois après la mise en circulation des pièces euro.

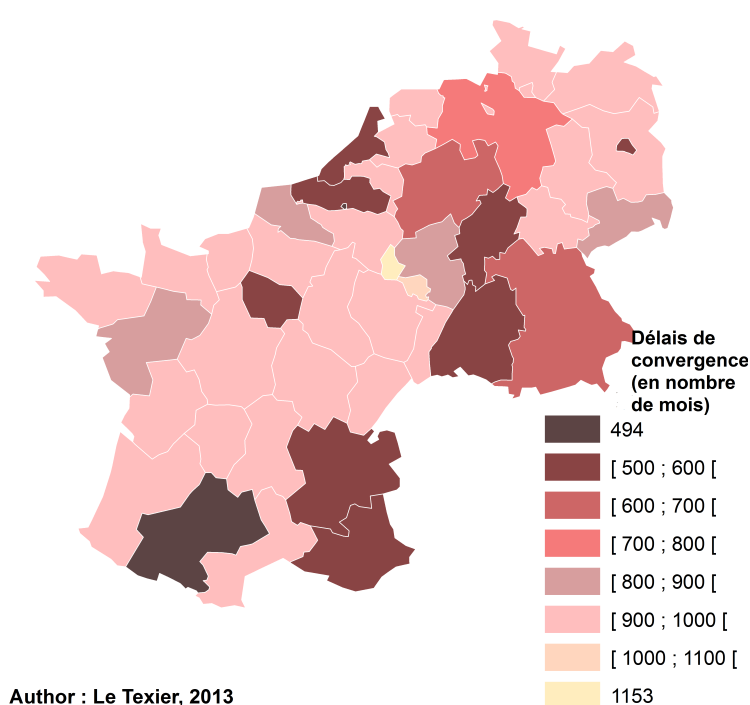


FIGURE 7.10 – Disparités régionales de la vitesse de convergence vers l'équilibre et le mélange parfait des pièces étrangères.

Conclusion de la troisième partie

Cette dernière partie visait à présenter la construction d'un modèle de simulation de la diffusion des pièces en Europe, dans sa dimension spatio-temporelle. Le questionnement sur l'impact du niveau de simulation sur les résultats et des hypothèses sous-jacentes aux approches pré-existantes (chaînes de Markov définies à l'échelle des Etats) retransmit dans le chapitre 6 a permis de montrer la correspondance entre l'importance de la mobilité des individus et la vitesse de mélange des pièces résultant d'une succession de transactions. Nous avons conclu qu'une approche individus-centrée n'était pas nécessaire si l'objectif était simplement d'obtenir une estimation du processus de diffusion à l'échelle macro. Nous avons toutefois fait l'hypothèse qu'une fois la structure géographique du modèle complexifiée, les interactions aléatoires entre individus pourraient réduire la capacité des répartitions monétaires à constituer une trace lisible des flux d'individus mobiles.

Dans le chapitre 7, nous avons ainsi montré que l'identification et la caractérisation de ces traces dépendaient du degré d'abstraction de la structure géographique. L'interprétation des mécanismes causaux de la diffusion des pièces varie, en effet, selon le nombre de régions considérées, la géométrie du réseau et la présence d'attributs jouant sur l'attractivité des régions. Les simulations réalisées au sein d'une structure géographique représentant la position géographique et les populations des régions du Nord-Ouest de l'Europe ont ainsi montré qu'en tant que traces, les répartitions monétaires rendent compte d'ensembles de trajectoires individuelles plus ou moins spécifiques : nombreuses, les pièces étrangères renseignent sur l'intensité des passages, variées, sur la diversité des origines ou destinations des flux, lointaines, sur la portée spatiale de la mise en réseau des territoires.

L'analyse de ces traces doit être effectuée dans une perspective relativiste. Relativement au temps, d'abord, puisque nous avons montré qu'à mesure que les pièces circulent, les traces

de la mobilité des individus qu'elles laissent sont de moins en moins lisibles pour finir par se mélanger complètement. Dans l'espace, ensuite, puisque la spécificité des réseaux de relations dont elles témoignent ne peut se mesurer sans tenir compte de la banalité de leur présence (importance de la production des pièces de chaque pays, localisation plus ou moins centrale au sein du système, etc).

Enfin, modéliser la diffusion des pièces au sein d'un formalisme dynamique a permis de vérifier l'adéquation entre les facteurs de mobilité des hommes et les facteurs de circulation des pièces. Ces résultats sont rappelés figure 7.11 en clôture de cette dernière partie de la thèse.

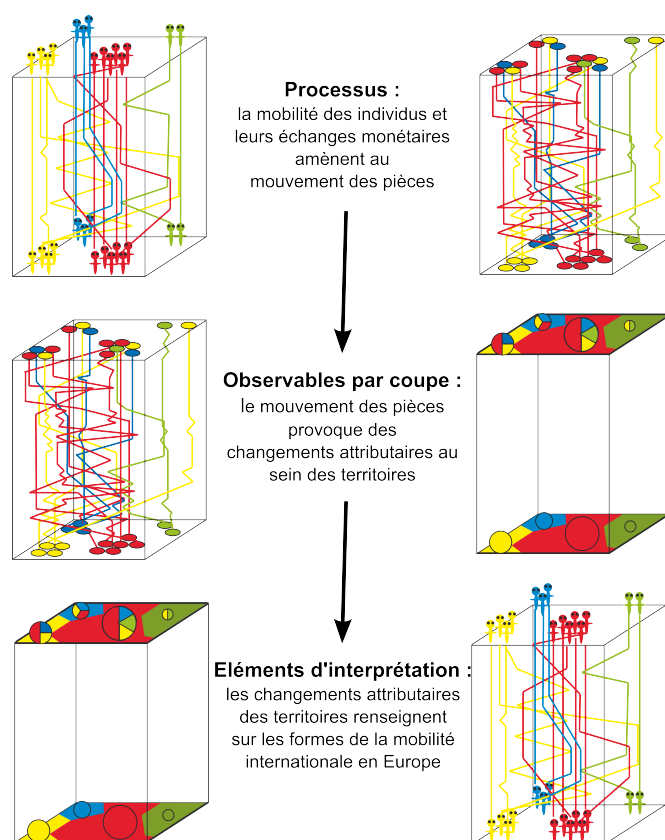


FIGURE 7.11 – Les traces monétaires des mobilités individuelles : reflet de l'intégration des territoires.

Conclusion générale

La construction européenne révélée par les circulations internationales

A l'heure où les discours médiatiques et politiques sur l'Europe semblent entonner en coeur un même refrain, celui de la crise (crise économique, crise politique, crise symbolique), et où les propos nationalistes semblent retrouver un écho qu'on leur croyait perdu sur tout le continent, la circulation des pièces euro reflète, à l'inverse, une Europe du quotidien en construction.

L'objectif de cette thèse était d'offrir une image originale de l'intégration européenne à travers le prisme des relations spécifiques et banales qui se nouent de part et d'autre des frontières. Spécifiques et banales, parce que la circulation des pièces reflète les pratiques spatiales des hommes et femmes dans la zone euro, et offre une vue d'ensemble des schémas de la mobilité internationale en Europe.

De cette étude sur la circulation des euros est né un cadre conceptuel de l'analyse de l'internationalisation des territoires. Ce modèle théorique d'analyse de la nature des relations nouées entre individus localisés dans des territoires séparés par des frontières, ici étatiques, peut être étendu à un ensemble plus large, pour lequel sont connus les lieux d'origine et de destination des flux (Grasland et Le Texier 2013). Son application dans le cadre particulier de ce travail de thèse a permis d'interpréter les traces de la mobilité internationale dans les répartitions monétaires.

Alors que l'intensité des relations avec l'étranger est fréquemment considérée dans la littérature comme le marqueur d'une forte compétitivité internationale et d'une bonne intégration à un système international (Sassen 1990, Cattán 1995a, Frémont et Soppé 2005), son application à la circulation de la monnaie montre à l'inverse qu'il s'agit d'un marqueur bénéficiant plutôt aux territoires intégrés régionalement. Pour être plus précis, l'intensité de la présence de pièces étrangères dans un territoire témoigne le plus souvent de franchissements quotidiens ou hebdomadaires de frontière ; franchissements de courtes portées s'exerçant la plupart du temps à destination des pôles urbains. Ce type de flux témoigne plus largement de l'existence d'espaces transfrontaliers intégrés, au sens où la frontière n'est pas considérée comme une barrière aux échanges mais comme une source de différentiels (fiscaux, d'emploi, de pouvoir d'achat, etc.) incitant les résidents de la zone à se déplacer d'un espace national à l'autre (de Ruffray *et al.* 2008).

Par ailleurs, les territoires abritant les pièces étrangères d'origines les plus diverses sont fréquemment des territoires localisés à proximité de plusieurs frontières. L'analyse de la diversité des origines des flux n'a donc pas permis de mettre en évidence des facteurs territoriaux spécifiques, sans doute liés au fait que la diversité de l'internationalisation s'observe à l'échelle des espaces métropolitains. Ces derniers abritant à la fois les individus

les plus et les moins internationalisés, il n'a pas été possible de vérifier cette hypothèse dans le cadre du modèle empirique appliqué à la France. L'étude de cas portant sur les porte-monnaie luxembourgeois a néanmoins montré qu'au Luxembourg, le plus grand nombre de pièces étrangères, émises par des pays frontaliers et par des pays plus éloignés, s'observait dans la capitale de Luxembourg-ville.

L'indicateur le plus sensible aux caractéristiques territoriales et sociales est celui mesurant la portée de l'internationalisation des porte-monnaie. La présence de pièces issues de pays éloignés en un lieu donné répond à une logique d'interaction spatiale inversée (Tobler 1971, Grasland 1999). Elle témoigne en ce sens des réseaux de relations non banales établies entre territoires européens. Les sites touristiques, les régions fortement accessibles et les métropoles ressortent ainsi comme les plus à même de capter ou d'émettre ces flux à longue portée.

Une fois pris en compte les effets mécaniques et banals de la diffusion des pièces étrangères en France, il a également été possible de révéler des distinctions sociales de l'internationalisation des porte-monnaie, et notamment de leur portée. Celles-ci témoignent de potentiels de mobilité différenciés, en grande partie liés à l'âge et à l'appartenance sociale des personnes. On note à ce propos une forte opposition entre les retraités et les étudiants, à la faveur de ces derniers. Est-ce à dire que la construction européenne se bâtit par sa nouvelle génération et que ce résultat témoigne du succès de programmes comme *Erasmus* ou d'actions comme le *Pass Interail*, dont l'un facilite les échanges universitaires et l'autre les voyages en train des moins de 25 ans notamment au sein d'une Europe élargie ? Il se pourrait aussi que la sur-internationalisation des pièces transportées par les étudiants européens soit liée à la difficulté de différencier ce qui relève des caractéristiques individuelles sociodémographiques et de l'appartenance à des espaces internationalisés comme le sont souvent les villes étudiantes (Cicille et Rozenblat 2003).

L'analyse du contenu des porte-monnaie a également révélé des différences de portée de l'internationalisation entre hommes et femmes, à activité professionnelle égale et à lieu de vie identique. Une fois encore, ces écarts n'indiquent pas forcément l'hypermobilité internationale des premiers ou l'hypomobilité des secondes, mais signalent peut-être la fréquentation, selon le genre, de lieux plus ou moins internationalisés au sein d'un même territoire de résidence.

Le travail de modélisation empirique a en effet permis de montrer que les différentiels d'internationalisation des porte-monnaie étaient en partie le fait des pratiques spatiales locales. Il a ainsi été mis en évidence que la sous-internationalisation observée chez les agriculteurs était le fruit d'une résidence au sein de territoires peu connectés au reste de l'Europe. La relative sur-internationalisation des cadres et professions intellectuelles supérieures est quant-à-elle corrélée à leur résidence au sein de territoires bien connectés. Cette

catégorie de population réalisant le plus grand nombre de déplacements professionnels à l'étranger (Beaverstock *et al.* 2009), ce résultat témoigne aussi de la difficulté à retracer ce type de mobilités à partir des circulations des pièces de monnaie.

La circulation internationale des pièces, entre aléa et déterminisme

L'un des principaux résultats de la thèse a également été de montrer que les photographies de la circulation monétaire étaient bien représentatives de l'attractivité des territoires et de la mobilité des populations qu'ils abritent.

Il existe en effet une composante aléatoire de la circulation des pièces. Celle-ci tient au fait que la monnaie circule par le biais d'une succession d'échanges interpersonnels. La multiplication et la succession de l'aléa dans les échanges forment un élément important de la compréhension du système et du rythme de son évolution. Par exemple, une pièce d'origine A peut avoir été obtenue par un résident d'un territoire B dans un pays C.

La modélisation dynamique de la diffusion des euros étrangers dans les régions allemandes, belges, françaises, luxembourgeoises et hollandaises a néanmoins permis de constater la bonne adéquation entre les chemins de mobilité individuelle et les voies de circulation des pièces. Nous avons en effet montré que les pièces euro circulent par le biais des mêmes attracteurs et émetteurs que ceux de la mobilité individuelle. Si la trajectoire spatio-temporelle d'une pièce se transforme selon les comportements de mobilité (et d'achats) de chaque nouveau porteur, les mobilités individuelles dépendent quant à elles de facteurs territoriaux et sociaux connus.

Le modèle de simulation de la diffusion des pièces euro a également servi de base à une discussion plus générale sur l'intérêt d'une perspective géographique dans la modélisation dynamique de processus spatio-temporels.

Nous avons montré les limites de l'utilisation de chaînes de Markov développées à l'échelle des pays dans une perspective prédictive de la diffusion des pièces étrangères (Stoyan 2002, Stoyan *et al.* 2004, Seitz *et al.* 2009; 2012). En premier lieu, les prédictions des répartitions des origines de pièces obtenues par ce type de modèles sont très proches de celles estimées par une fonction logistique (chapitre 6). Le second formalisme étant un descripteur théorique de nombreux processus de diffusion (Hägerstrand 1952; 1953), la plus-value des approches markoviennes nous semble relativement faible.

D'autre part, ces modèles ne permettent pas de tenir compte de la variance à différentes échelles. Or, les processus de diffusion se manifestent simultanément à divers échelons géographiques (Saint-Julien 2001). Les analyses empiriques réalisées dans la seconde partie de ce travail de thèse ont montré en ce sens que les territoires infra-nationaux n'avaient

pas les mêmes capacités d'émission de, et d'attraction pour, les individus propagateurs du mouvement international des pièces. L'approche expérimentale et théorique réalisée dans la dernière partie de la thèse a quant à elle permis de montrer que l'inscription spatiale de la diffusion de la monnaie ne présentait pas un motif aléatoire, mais rendait compte des lieux d'origine et de destination de la mobilité individuelle.

La démonstration réalisée dans le dernier chapitre de la thèse visait également à interroger la validité empirique de modèles théoriques a-géographiques simulant des mécanismes spatio-temporels, tels que ceux proposés par la nouvelle économie géographique. Nous avons montré que les applications d'un même modèle de diffusion des pièces au sein de structures géographiques plus ou moins réalistes rendent compte de dynamiques et d'interactions entre facteurs de la diffusion différents. En effet, l'amplitude et les tendances des mécanismes causaux varient selon la taille et de la forme du système simulé. Il ressort de ces expériences que le fait de modéliser un processus de diffusion individu-centré au sein d'un système à trois régions permet pas de rendre compte de l'amplitude des mécanismes de la mobilité individuelle influençant le processus de diffusion des euros (Puga et Venables 1995), mais aussi de leurs tendances.

Limites et perspectives

Les recherches présentées dans cette thèse méritent d'être approfondies sur différents points.

Dans le cadre de ce travail, nous avons choisi d'étudier la circulation des euros au moyen d'une approche modélisatrice. L'explication de processus généraux et la possibilité d'interprétation des répartitions monétaires offertes par le cadre formel d'analyse développé dans cette recherche invitent à examiner par la suite les spécificités de la mise en relations internationales des territoires. La réalisation d'enquêtes à des échelles spatiales plus fines permettrait de préciser les raisons, acteurs et canaux de la mobilité internationale des pièces. Une étude de l'origine des pièces euro circulant hors du territoire de l'UME serait elle aussi à même d'apporter de nouvelles perspectives sur les circulations internationales reliant les pays de la zone euro à un voisinage plus ou moins élargi.

Par ailleurs, les résultats de l'enquête de terrain et les bases de données sur l'Allemagne et la Belgique n'ont pas été exploités, et les données de l'enquête luxembourgeoise pourraient être analysées plus finement. La comparaison est en effet un outil indispensable à la généralisation des canaux de la mobilité internationale, définis à partir du cas français.

En ce sens, l'utilisation des mesures de l'internationalisation définies dans ce travail de thèse, appliquées à d'autres types de flux, pourrait elle-aussi permettre d'apporter des

connaissances plus spécifiques sur les interactions entre territoires : flux de travailleurs qualifiés entre métropoles internationales, d'étudiants entre universités, de migrants ou de capitaux entre pays, etc. Une approche comparatiste pourrait pareillement être construite d'un point de vue historique. L'analyse de l'intensité, de la diversité et de la portée de flux de diverses natures échangés dans l'espace européen à d'autres époques pourrait participer à la construction d'une « géohistoire des circulations européennes », pour reprendre le titre d'un ouvrage de C. Grataloup (2006).

D'autre part, nous avons montré au moyen des outils de la modélisation dynamique l'importance des effets de relocalisation dans la diffusion des euros. L'utilisation de modèles auto-régressifs spatiaux pourrait permettre de prendre en compte les effets de voisinage dans l'explication des différentiels observés de l'internationalisation des pièces. Ceci pourrait notamment donner lieu à la caractérisation de nouveaux facteurs d'internationalisation des territoires, et parmi eux les effets métropolitains.

Une dernière piste peut être évoquée : il s'agirait de calibrer de manière plus fine le modèle de simulation dans l'esprit des travaux menés par Romain Reuillon, Sébastien Rey et Clara Schmitt dans le cadre du projet *GeoDiversity*. Les réponses qu'ils apportent sur l'évaluation des mécanismes internes aux modèles de simulation pourraient nous permettre de calibrer au mieux le modèle de diffusion des euros. Ceci fait, nous pourrions alors introduire différents processus d'échanges (unidirectionnels, dans un système ouvert, avec effets multiplicateurs, etc.) au niveau individuel pour simuler d'autres formes de diffusion. Ce modèle pourrait être utilisé de manière prospective, au service de différents acteurs, en reproduisant différents scénarios de propagation d'épidémies, d'innovations, ou encore de rumeurs médiatiques en Europe.

Pour finir, nous souhaitons souligner l'intérêt de combiner des approches empiriques et théoriques. Dans ce travail de thèse, l'identification des facteurs de la circulation internationale des pièces euro à partir de données d'enquête a permis de nourrir un modèle théorique, lequel a en retour servi à vérifier les interactions entre les facteurs de mobilité des pièces et des hommes dans un cadre dynamique. Au-delà de l'apport de connaissance sur les circulations internationales en Europe, le couplage de formalismes méthodologiques nous semble être une condition *sine qua non* de la compréhension des phénomènes géographiques, comme le postulaient d'autres avant nous :

« Il n'y a pas de modélisation parfaite, et surtout, il n'y a pas une seule modélisation. Les choix potentiels sont multiples, et il est de bonne méthode d'utiliser la large gamme de possibilités qu'ils offrent pour faire progresser la connaissance, sans repli frileux ou sectaire sur telle ou telle méthode de modélisation de l'espace », F. Durand-Dastès (2001).

Quatrième partie

Annexes

A.1 Question sur l'euro

La question introduite était libellée de la manière suivante :

Nous allons maintenant parler de l'Euro et plus particulièrement de la circulation des pièces dans la zone euro. J'aimerais que nous regardions ensemble si vous-même vous avez dans votre porte-monnaie ou sur vous des pièces en euro, quelles soient françaises ou étrangères.

L'enquêteur notait le comportement de la personne interrogée selon les modalités suivantes :

- Oui, accepte de montrer les pièces
- Non, déclare ne pas avoir de pièces Euro (françaises ou étrangères)
- Non, refuse de montrer les pièces
- Non, autre cas
- Sans réponse

Si l'interviewé acceptait d'ouvrir son porte-monnaie, alors les consignes données à l'enquêteur étaient de compter les pièces contenues dans le porte-monnaie de l'interviewé en

fonction de l'origine (pays de frappe) et de la valeur. L'enquêteur disposait d'une planche sur laquelle figurait la représentation iconographique de l'ensemble des euros français et étrangers, répertoriés par valeur et origine géographique. Enquêté et enquêteur posaient ensemble la ou les pièce(s) sur la case correspondante à mettre avant pour la France. Ce protocole utilisé dans les enquêtes françaises a été reproduit en Belgique et Allemagne. Au Luxembourg, le libellé de la question ne proposait pas de modalités de réponses :

Nous allons maintenant parler de l'Euro et plus particulièrement de la circulation des pièces dans la zone euro. La mise en circulation des pièces et des billets en Euros est effective depuis le 1er Janvier 2002. Comme vous le savez certainement 12 pays européens appartiennent à la zone euro et frappent les pièces en Euro et ces pièces circulent d'un pays à l'autre. Seriez-vous d'accord pour que nous regardions ensemble si vous-même avez dans votre porte-monnaie ou dans votre poche des pièces en euro. Ensemble, nous allons compter le nombre de pièces par valeur et origine de pièces.

A.2 Répartitions des catégories de répondants (échantillons redressés) avant et après retrait des personnes n'ayant pas ouvert leur porte-monnaie. Enquêtes ESDO, 30963 personnes interrogées, 22512 répondants à l'ESDO.

Variable	Tranches	Enquête Omnibus	Recensement 1999	Répondants ESDO
Age	18-24	11,60	12,36	10,95***
	25-34	17,63	19,19	17,84
	35-49	27,83	28,97	28,42***
	50-64	22,05	21,33	22,55***
	65 et plus	20,89	18,14	20,24***
Genre	Homme	47,86	47,83	46,67***
	Femme	52,14	52,17	53,33***
CSP	Agriculteur	1,38	1,62	1,18***
	Artisan, commerçant	3,28	5,00	3,13**
	Cadre	6,65	9,60	6,76**
	Profession inter., employé	30,09	25,53	31,30**
	Ouvrier	14,14	19,42	13,96
ZEAT	Inactif	44,47	38,83	43,66***
	Région parisienne	18,66	18,80	18,27**
	Bassin Parisien Est	8,14	8,26	8,21
	Bassin Parisien Ouest	9,59	9,69	9,60
	Nord	6,59	6,86	6,47
	Est	8,78	8,86	8,69
	Ouest	13,41	13,34	13,75***
	Sud Ouest	11,02	10,59	10,90
	Sud Est	11,94	11,94	12,33***
	Méditerranée	11,87	11,68	11,78

Note de lecture : La probabilité de faire une erreur en considérant que les deux échantillons sont issus de populations différentes est mesurée par la statistique de test du $\chi - 2$ et est donnée par : * * * = 0 ; ** = 0,001 ; * = 0,01 ; . = 0,05. On peut rejeter l'hypothèse d'indépendance entre l'appartenance à la classe d'âge des 18-24 ans et le fait que les répondants aient ouverts ou non leurs porte-monnaie avec un risque de première espèce (rejeter l'hypothèse d'indépendance alors que celle-ci est vraie) proche de 0.

Tableau A.1 – Répartition des échantillons (redressés) avant et après retrait des personnes n'ayant pas ouvert leur porte-monnaie. Enquêtes ESDO, 30 963 personnes interrogées, 22 512 répondants à l'ESDO.

A.3 Description de la variable "catégories d'habitat" issue de l'enquête belge par l'institut de sondage ISL

En Belgique, nous distinguons 4 habitats (structures de résidence), résultant d'une analyse morphologique basée principalement sur la densité de la population et sur le niveau des équipements qu'on y trouve. Le niveau d'équipement est défini par la présence de : facilités pour soins médicaux et sociaux, équipement sportif et de récréation, transports, services à guichets, services publics, culture, enseignement et commerce de détail. À chacune de ces huit fonctions, on a attribué un score qui permet de définir l'indice d'équipement. L'avantage de cette méthode réside dans le fait qu'elle est basée sur des données objectives, mesurables de la même manière pour chaque espace délimité. Le choix des communes qui ne se trouvent pas dans l'univers urbain a été très sévère. Une commune n'est pas considérée comme "ville" si la cote obtenue l'a été seulement par la présence d'un équipement bien précis et ne répond donc pas à un équipement multifonctionnel. La même remarque s'impose si le nombre d'habitants de la commune influence de manière exagérée le résultat.

B.1 Modèle retenu

Le modèle retenu est un modèle poissonnien d'interaction spatiale, considéré comme une description raisonnable de variables quantitatives de stock non négatives, et ce d'autant plus que le nombre d'événements est rare (Haining 1982, D'Aubigny *et al.* 2000). Celui-ci constitue une solution aux problèmes rencontrés par les deux autres familles de modèle souvent privilégiées lors de la modélisation statistique de phénomènes d'interaction spatiale que sont les régressions linéaires ou log-linéaires, lorsque la variable dépendante est une variable quantitative de stock (Scherngell et Barber 2009). Plus particulièrement, les modèles log-additifs n'autorisent pas des valeurs nulles de la variable dépendante, et requièrent une transformation des données. Or, dans notre cas, le nombre de porte-monnaie ne possédant aucune pièce étrangère est très élevé (figure B.1). Cette figure montre, en outre, que les valeurs possibles des indicateurs d'internationalisation sont trop importantes pour pouvoir utiliser un modèle logistique sans opérer de regroupements préalables. Nous avons donc opté pour un modèle de forme poissonnienne.

Les régressions de Poisson supposent une équivalence entre la moyenne et la variance de la variable dépendante Y_i , autrement dit :

$$Y_i \hookrightarrow \text{Poisson}(\lambda_i) \tag{B.1}$$

lorsque λ_i équivaut à la moyenne et à la variance de Y_i et se définit par :

$$\lambda_i = \exp(\alpha + \beta x_i) = e^\alpha e^{\beta x_i} \quad (\text{B.2})$$

où x_i correspond au vecteur des variables explicatives et β au vecteur des coefficients. Comme l'indique le modèle multiplicatif ci-dessus, le paramètre de Poisson λ_i est lié à la fonction explicative par la relation log-linéaire suivante :

$$\log(\lambda_i) = \alpha + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_k x_{ik} \quad (\text{B.3})$$

Afin de respecter la représentativité des résultats, le poids de chaque individu sera modéré par le facteur de pondération construit *a posteriori* des enquêtes par l'institut de sondage.

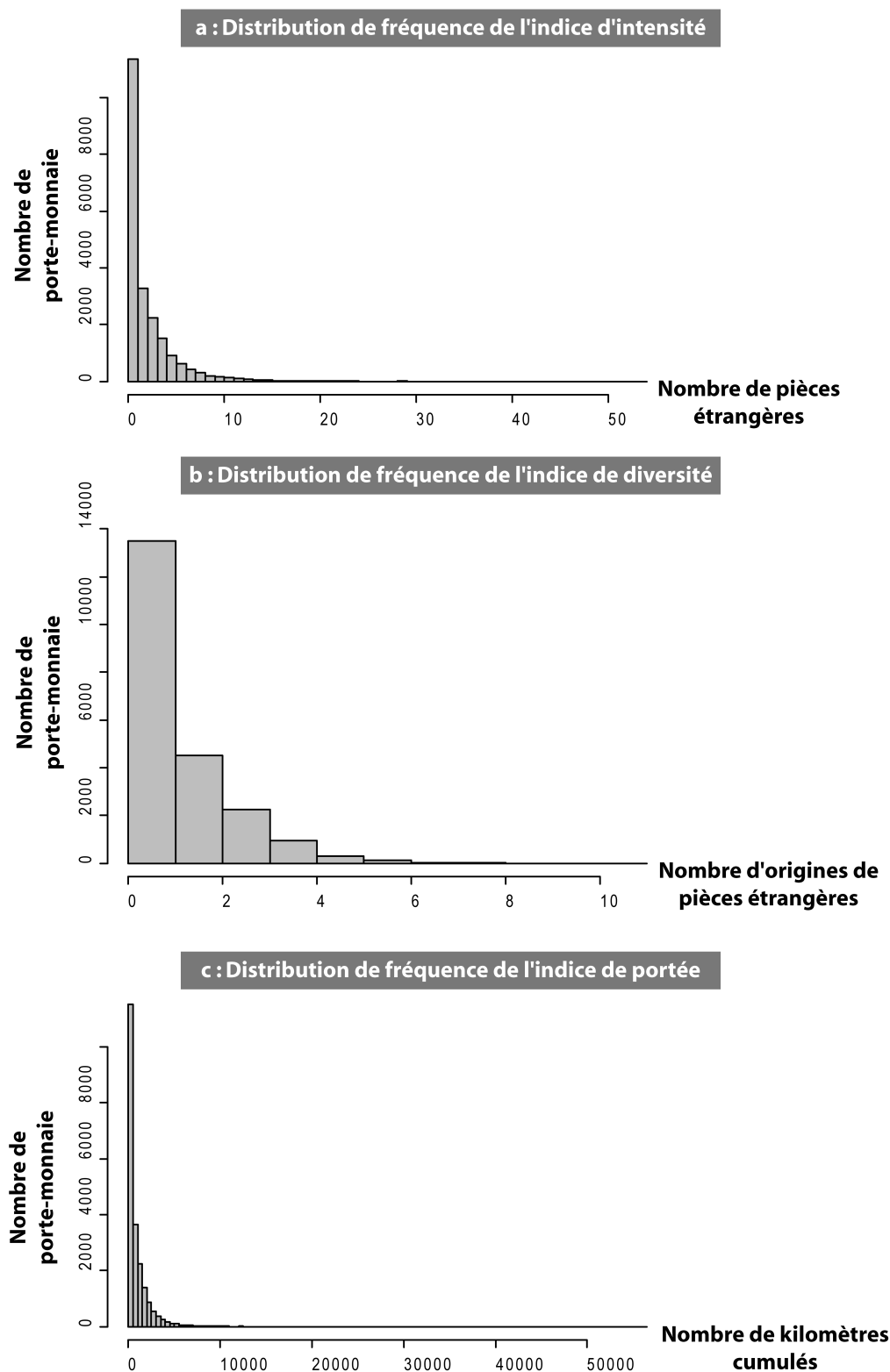


FIGURE B.1 – Distribution de fréquence des indices d'internationalisation définis à l'échelle des porte-monnaie (n=21716). Source : ESDO, enquêtes de juin à décembre 2011.

B.2 Qualité du modèle

Nous avons volontairement choisi de ne pas utiliser un critère d'information de type Akaike (Akaike Information Criteria ou AIC) (Akaike 1974) et de Bayesian-Schwartz (Bayesian-Schwartz Criteria ou BIC) (Schwarz 1978), car nous souhaitons privilégier l'apport de connaissance thématique (significativité de l'effet des facteurs supposés de l'internationalisation) à la sélection du modèle le plus économique au sens large.

Nous comparerons la qualité de l'ajustement des modèles explicatifs au phénomène observé à partir de l'observation de la part de déviance expliquée par chaque modèle. La part de déviance expliquée est définie comme suit :

$$\text{Part de déviance expliquée} = 1 - \frac{\text{Déviance du modèle}}{\text{Déviance du modèle vide}} \quad (\text{B.4})$$

avec :

$$\text{Déviance du modèle} = -2(\text{Log-vraisemblance du modèle} - \text{Log-vraisemblance du modèle saturé}) \quad (\text{B.5})$$

B.3 Pouvoir explicatif des facteurs

L'importance et la significativité des facteurs explicatifs dans un modèle est évaluée par une statistique de type III, laquelle calcule la contribution additionnelle de chaque variable sur le modèle sans tenir compte de leur ordre d'entrée. Leur effet particulier est déterminé après que l'effet des autres variables ait été pris en compte : cet effet additionnel est donc mesuré et testé "toutes choses égales par ailleurs". Le degré de significativité de l'apport de chaque variable est mesuré à partir d'un test du χ^2 . Le test du χ^2 est utilisé car il est recommandé pour les modèles pour lesquels la déviance est connue.

B.4 Effets des facteurs

L'analyse des coefficients des facteurs explicatifs du modèle permet de comprendre le sens de la relation entre la variable dépendante et chacune des variables explicatives étudiées. Un coefficient de valeur β associé à une variable explicative x signifie que l'on ajoute la valeur de $\exp(\beta_i x)$ à l'estimation de la variable dépendante. Si $x_{i,j,k}$ est une variable catégorielle, un coefficient β est défini pour chaque modalité i, j, k . On ajoute alors la valeur du coefficient β_i, β_j ou β_k associé à la modalité i, j ou k à l'estimation de la variable

dépendante. L'intervalle de confiance des coefficients est mesuré par la statistique de test de Student.

C.1 Analyse de la structure des résidus du Modèle I

La prise en compte des résultats du modèle I requiert de vérifier son bon ajustement aux hypothèses de (1) linéarité de la relation entre variables dépendantes et indépendantes, (2) normalité et (3) homoscedasticité des résidus¹.

Le non respect de l'hypothèse de linéarité peut avoir pour conséquence une mauvaise spécification du modèle et, donc, de ses estimations. L'analyse de la figure C.1-a indique que la relation linéaire entre la variable à expliquer (le nombre de pièce étrangères) et les variables explicatives (effets du porte-monnaie et de la saison d'enquête) est assez bien respectée. En effet, le nuage de points forme une bande de largeur relativement stable variant grossièrement entre des résidus de -5 à $+5$ pièces étrangères. Les résidus positifs s'observent plus fréquemment pour les porte-monnaie dont le nombre de pièces étrangères estimés est relativement bas, et inversement.

La figure C.1 b montre également que les résidus sont distribués régulièrement dans un intervalle de $[-5; +5]$, mais s'éloignent d'une distribution normale au-delà. Ces valeurs extrêmes pouvant correspondre à des cas empiriques très précis (personnes âgées ayant un gros porte-monnaie mais ne fréquentant pas de lieux internationalisés, personnes hypermobiles n'effectuant que très peu de paiement en pièces, etc.), il nous paraît néanmoins

1. Etant donné la stabilité des coefficients des variables décrivant la taille, la composition, la durée de la mise en circulation des pièces euro et l'effet saisonnier, les effets de ces variables sur les résultats du modèle ne sont pas représentés figure ??.

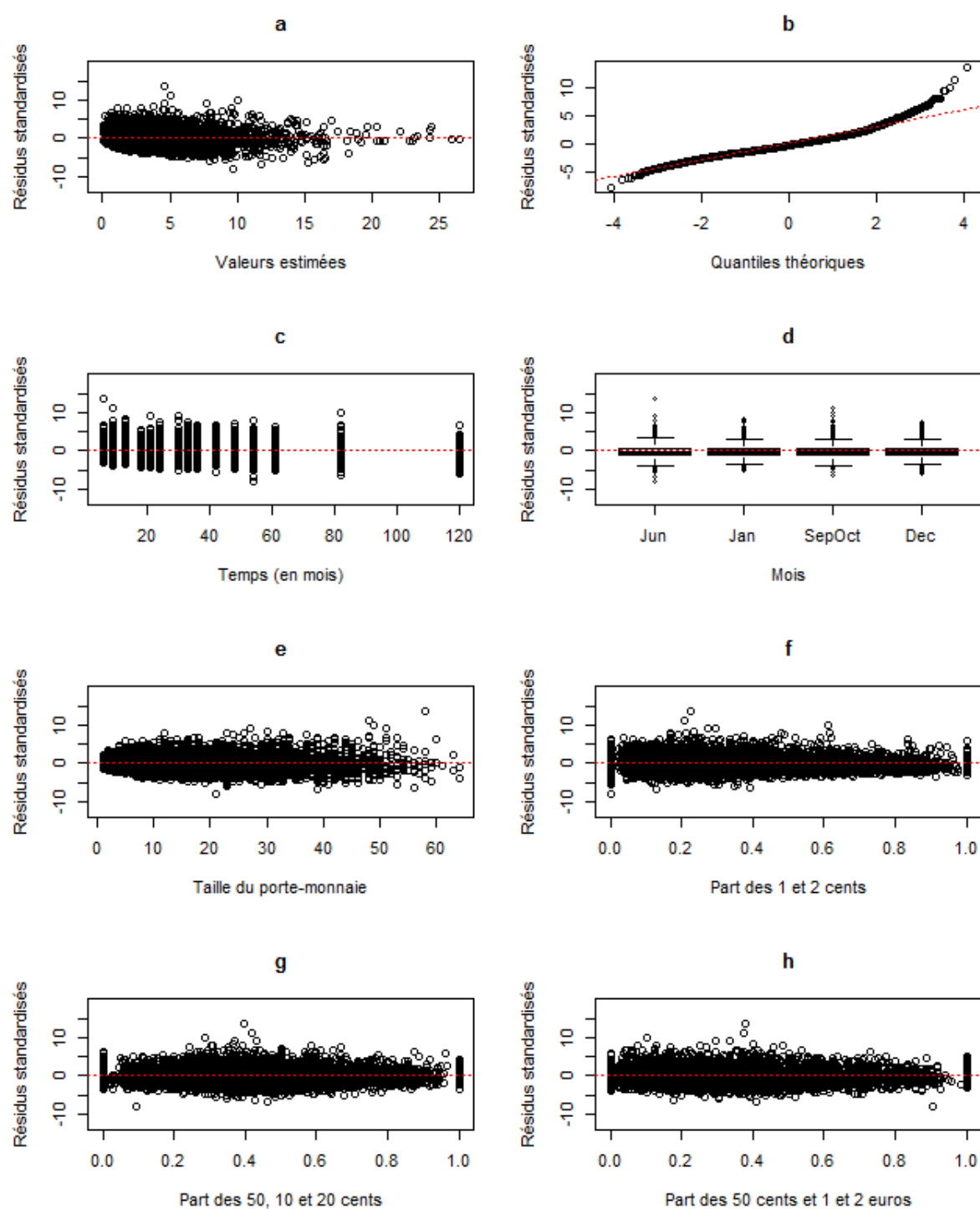


FIGURE C.1 – Comportements des résidus selon les variables structurelles (Modèle I).

opportun de conserver les très petits et les très gros porte-monnaie dans nos analyses futures. Nous espérons, en effet, qu'une spécification du modèle plus complète nous aidera à mieux appréhender ces cas particuliers.

Enfin, l'hétéroscédasticité des résidus pourrait, elle aussi, venir biaiser les tests statistiques appliqués aux coefficients du modèle en donnant trop ou trop peu d'importance à certaines sous-populations d'individus. Les graphiques C.1 *c, d, e, f, g* et *h* vérifient donc si les écarts au modèle sont plus ou moins importants selon les variations de valeurs des variables explicatives. On observe que d'une manière générale, l'hypothèse d'homoscédasticité des résidus est respectée. En effet, les cinq nuages de points sont étendus horizontalement, et présentent une hauteur relativement égale quelque soit la valeur des variables explicatives. La figure C.1 *d* montre, en outre, que la distribution des résidus est comparable entre les mois d'observation.

Certaines faiblesses révélées par le diagnostic sont toutefois à souligner. On remarque, en effet, que le modèle a tendance à sous-estimer le nombre de pièces étrangères observées en juin, toutes choses égales par ailleurs quant à l'effet de tendance. La variance des résidus décroît également lorsque la part des 1 et 2 cents et/ou des 50, 1 et 2 euros augmente et est, à l'inverse, plus importante pour les porte-monnaie contenant une part intermédiaire (entre 30 et 70% environ) de pièces de moyenne valeur (5, 10 et 20 cents). Il apparaît donc que plus la composition d'un porte-monnaie est spécifique (part importante de petites ou de grosses pièces), plus il est aisé d'en déterminer le nombre de pièces étrangères (relativement faible ou élevé).

Enfin, des effets de taille jouent mécaniquement sur l'importance des résidus : les plus élevés d'entre eux s'observant pour les porte-monnaie les plus gros et les résidus les plus faibles pour les porte-monnaie les plus petits.

C.2 Analyse de la structure des résidus du Modèle II

La prise en compte des résultats du modèle II requiert de vérifier son bon ajustement aux hypothèses de (1) linéarité de la relation entre variables dépendantes et indépendantes, (2) normalité et (3) homoscédasticité des résidus².

La figure C.2*a* indique que la relation entre la variable à expliquer et les variables explicatives est moins linéaire que pour le modèle n'intégrant que des variables temporelles et

2. Etant donné la stabilité des coefficients des variables décrivant la taille, la composition, la durée de la mise en circulation des pièces euro et l'effet saisonnier, les effets de ces variables sur les résultats du modèle ne sont pas figurés.

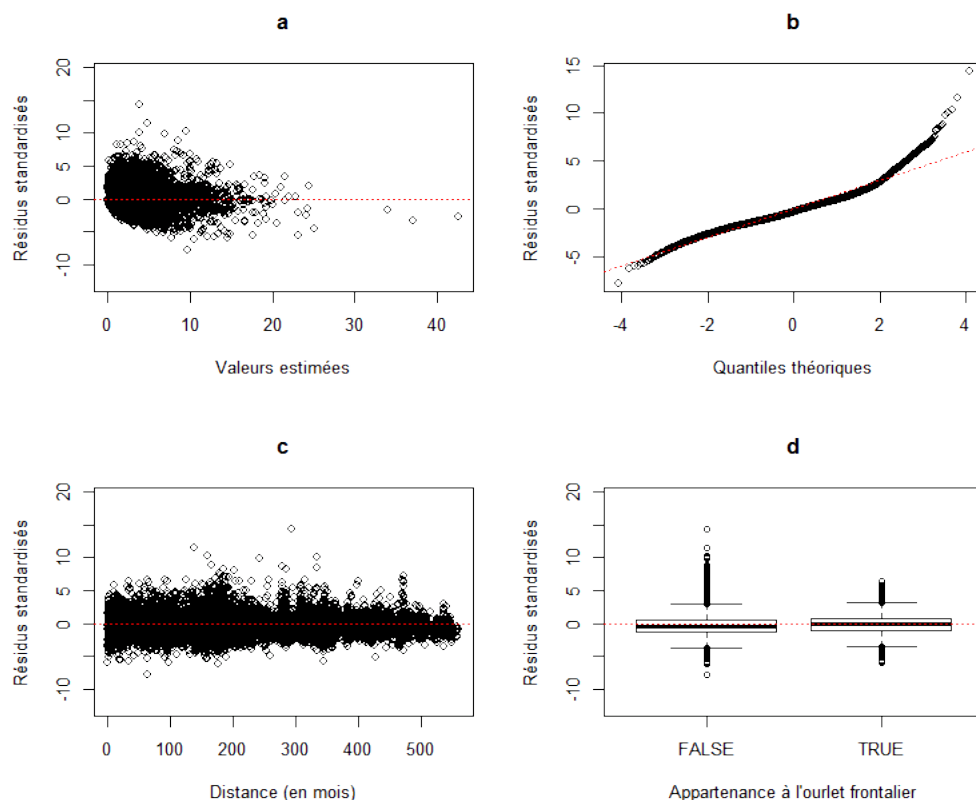


FIGURE C.2 – Diagnostics des résidus du modèle avec distance aux frontières

décrivant le porte-monnaie. On observe, en effet, que le modèle sous-estime plus fréquemment le nombre de pièces étrangères lorsque celui varie entre 0 et 10 pièces, qu'au-delà. D'une manière générale, la dispersion des résidus est réduite lorsque le nombre de pièces étrangères estimées s'accroît.

La figure C.2b témoigne également d'une inclinaison du modèle à la sous-estimation du nombre de pièces étrangères dans les porte-monnaie en introduisant la dimension spatiale, malgré un meilleur ajustement général de l'intensité de l'internationalisation des porte-monnaie observés.

D'autre part, il semble que des porte-monnaie d'individus localisés entre 0 et 200 km des frontières soient moins restitués par le modèle explicatif, ces derniers contenant souvent plus de pièces étrangères que prévu (figure C.2c). Cette sous-estimation se retrouve notamment chez les porteurs de monnaie résidant au sein d'ourlets frontaliers, pour lesquels le modèle estime en moyenne une pièce étrangère de moins que ce qui a été observé (figure C.2d).

D.1 Localisation des communes de résidence des porteurs de monnaie en France (enquêtes ESDO de juin 2002 à décembre 2011)

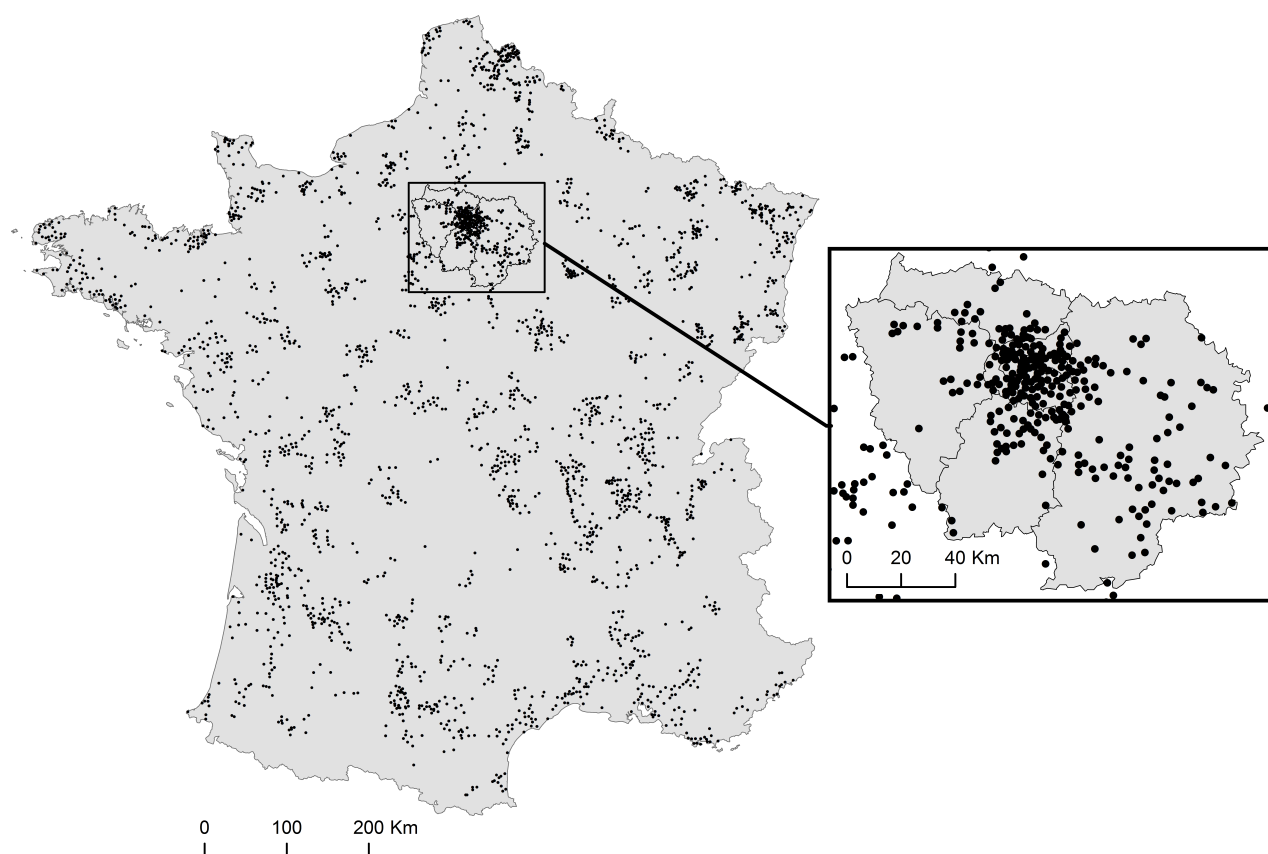
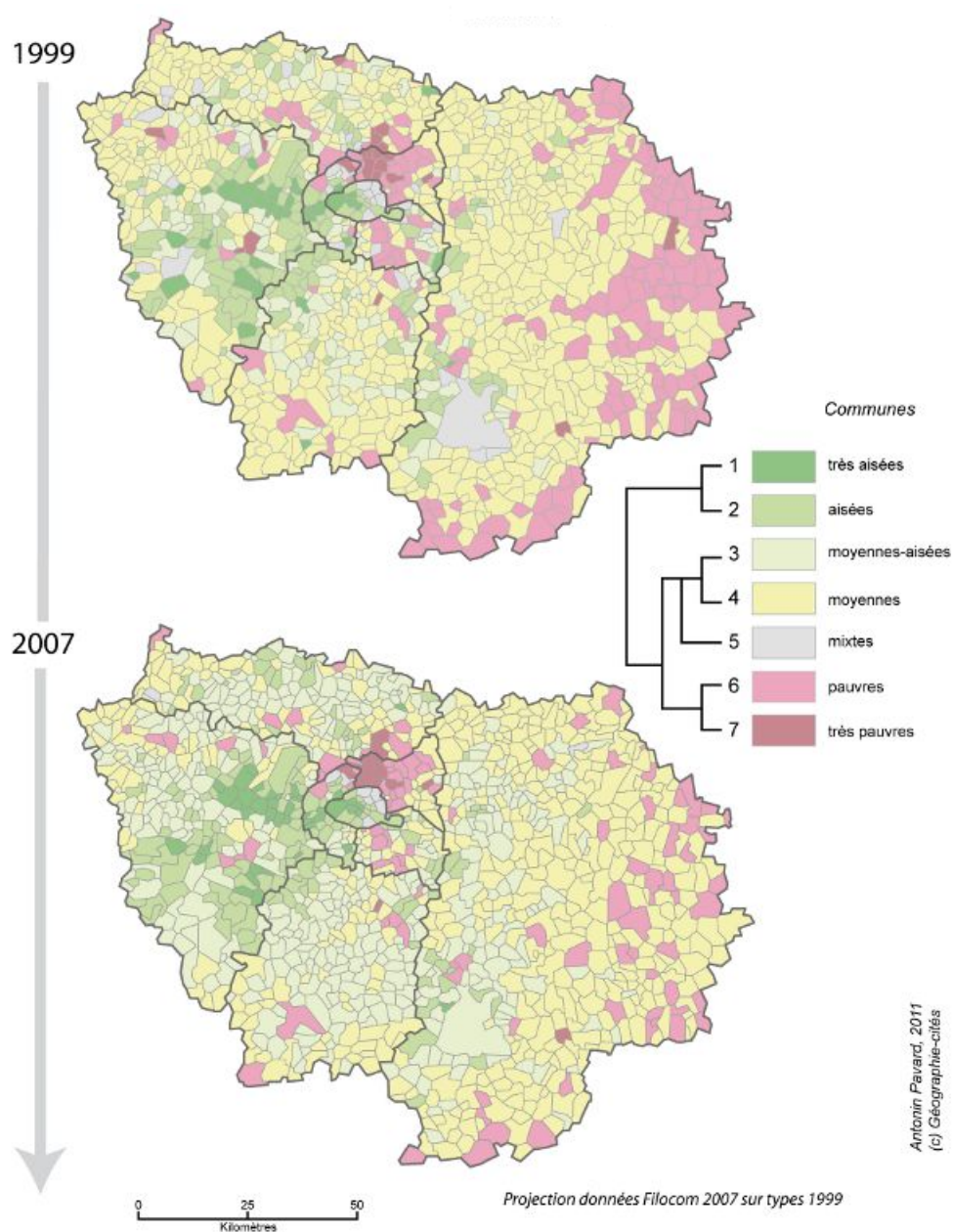


FIGURE D.1 – Localisation des communes de résidence des porteurs de monnaie en France (enquêtes ESDO de juin 2002 à décembre 2011)

D.2 Polarisation sociale en Ile-de-France en 1999 et 2007 (Fleury *et al.* 2012)

FIGURE D.2 – Polarisation sociale en Ile-de-France en 1999 et 2007 (Fleury *et al.* 2012)

D.3 Contributions et représentations des individus et variables aux deux premiers axes des analyses factoriels

Nous pouvons également chercher à connaître la part que les individus et/ou variables prennent dans la dispersion des individus/variables le long de l'axe en observant leurs contributions. La somme des contributions de tous les individus (respectivement variables) est égale à 1 (ou 1000%). L'importance de la contribution dépend de la masse des individus, deux individus pouvant avoir des coordonnées identiques sur l'axe sans avoir contribué avec la même intensité à sa formation. De la même manière, un individu éloigné de l'axe peut avoir plus contribué à la formation de l'axe qu'un individu situé à proximité.

Indépendamment de la contribution d'une variable ou d'un individu à la formation d'un axe, on peut également chercher à connaître les communes et variables les mieux représentées par ces derniers. On examine alors leurs qualités de représentation sur les axes. La fonction $CA()$ renseigne sur la qualité de représentation des variables et individus sur l'ensemble des axes. La qualité de représentation correspond à la mesure de l'angle que le point relié à l'origine fait avec l'axe considéré (il s'agit du cosinus carré de cet angle). Si l'individu=variable est confondu avec l'axe factoriel, alors sa représentation sera maximale. A l'inverse, plus l'angle sera grand, moins bonne sera la qualité de sa représentation sur l'axe. La somme des qualités de représentation d'un individu ou d'une variable sur les différents axes équivaut à 1.

D.3.1 Cantons

			Contribution		Représentation	
			Comp. 1	Comp. 2	Comp. 1	Comp. 2
	ALL	Sma	50.97	7.02	0.89	0.08
	ALL	Med	18.38	0.06	0.90	0.00
	ALL	Big	5.22	1.15	0.48	0.07
	BEL	Sma	4.39	4.38	0.49	0.33
	BEL	Med	0.69	13.34	0.05	0.69
	BEL	Big	0.40	16.64	0.03	0.86
	PAY	Sma	0.53	2.44	0.07	0.21
	PAY	Med	0.06	10.69	0.01	0.66
	PAY	Big	2.79	12.63	0.20	0.61
	FRA	Sma	3.77	15.10	0.21	0.58
	FRA	Med	0.35	2.81	0.05	0.25
	FRA	Big	0.32	0.31	0.06	0.04
	LUX	Sma	7.79	9.99	0.38	0.33
	LUX	Med	1.97	0.00	0.38	0.00
	LUX	Big	2.24	0.21	0.38	0.02
	NONFRONT	Sma	0.06	2.93	0.02	0.54
	NONFRONT	Med	0.04	0.19	0.01	0.05
	NONFRONT	Big	0.01	0.13	0.00	0.02

		Contribution		Représentation	
		Comp. 1	Comp. 2	Comp. 1	Comp. 2
	Luxembourg-ville	0.14	4.86	0.02	0.40
	Capellen	0.67	1.29	0.12	0.16
	Esch-sur-Alzette	20.62	3.32	0.82	0.09
	Luxembourg-campagne	0.23	5.36	0.03	0.43
	Mersch	1.52	0.27	0.10	0.01
	Clervaux	1.80	49.83	0.05	0.89
	Diekirch	0.12	3.62	0.01	0.21
	Rédange	0.00	6.42	0.00	0.54
	Vianden	0.29	0.17	0.08	0.03
	Wiltz	1.92	19.84	0.10	0.73
	Echternach	18.29	0.77	0.83	0.02
	Grevenmacher	32.11	0.39	0.94	0.01
	Remich	22.29	3.85	0.73	0.09

D.3.2 Communes

			Contribution		Représentation	
			Comp. 1	Comp. 2	Comp. 1	Comp. 2
	ALL	Sma	7,17	56,18	0,14	0,77
	ALL	Med	0,31	1,11	0,02	0,04
	ALL	Big	0,51	1,40	0,04	0,08
	BEL	Sma	0.35	0.24	0.01	0.01
	BEL	Med	10.34	0.41	0.53	0.02
	BEL	Big	0.80	0.02	0.09	0.00
	PAY	Sma	0.00	6.17	0.00	0.33
	PAY	Med	9.15	0.17	0.53	0.01
	PAY	Big	1.66	0.47	0.11	0.02
	FRA	Sma	8.59	5.75	0.29	0.14
	FRA	Med	11.97	0.18	0.49	0.01
	FRA	Big	0.08	0.40	0.00	0.02
	LUX	Sma	38.50	5.10	0.78	0.07
	LUX	Med	3.27	5.19	0.26	0.29
	LUX	Big	4.03	7.81	0.21	0.29
	NONFRONT	Sma	0.77	8.17	0.05	0.39
	NONFRONT	Med	2.16	1.16	0.12	0.04
	NONFRONT	Big	0.33	0.06	0.04	0.01

	Contribution		Représentation	
	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 1	Comp. 2
Luxembourg-ville	2.64	17.62	0.13	0.62
Bascharage	0.16	0.88	0.02	0.10
Mamer	0.05	1.75	0.01	0.14
Bettembourg	37.97	0.56	0.84	0.01
Differdange	0.62	0.35	0.04	0.02
Dudelange	14.17	1.23	0.59	0.04
Esch-sur-Alzette	2.77	9.44	0.12	0.29
Kayl	2.39	8.60	0.16	0.41
Mondercange	0.04	1.03	0.00	0.06
Petange	5.53	0.01	0.35	0.00
Roeser	0.10	0.52	0.01	0.03
Rumelange	2.11	3.00	0.22	0.22
Sanem	1.39	0.13	0.09	0.01
Schifflange	5.20	0.24	0.38	0.01
Bertrange	2.49	1.01	0.17	0.05
Hesperange	0.01	2.08	0.00	0.15
Niederanven	8.29	32.24	0.21	0.58
Strassen	1.96	7.26	0.11	0.30
Mersch	7.46	5.36	0.37	0.19
Diekirch	0.77	2.65	0.08	0.20
Ettelbrück	0.01	3.64	0.00	0.14
Mondorf	3.86	0.40	0.26	0.02

D.4 Densité de population en France (source : Recensement de la population, 2006)

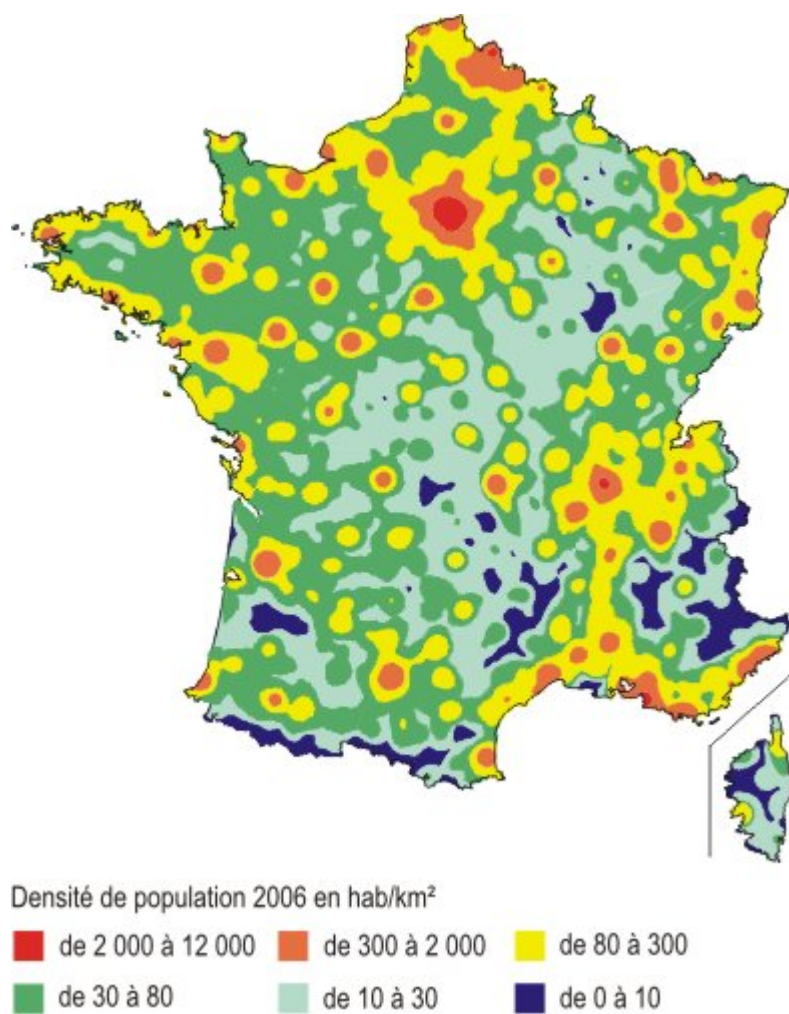


FIGURE D.3 – Cartographie lissée de la densité de population en France métropolitaine en 2006. Source : Insee, 2006

Compléments au chapitre 6

Les solutions mathématiques du modèle I sont présentées dans les sous-parties suivantes. Nous souhaitons remercier Nathalie Corson, Florent Le Néchet et Clara Schmitt pour nous avoir guidés dans les résolutions de ce modèle.

E.1 Formalisme en temps discret

De l'intégration des équations (6.1) et (6.3), d'une part, et des équations (6.5) et (6.6), d'autre part, au sein de l'équation 6.7, on trouve :

$$\begin{aligned}
 A_a^{t+1} &= (1 - m_a)P_a\alpha_a^t + m_aP_a\alpha_b^t \\
 A_a^{t+1} &= (1 - m_a)P_a\frac{A_a^t}{P_a} + m_aP_a\frac{A_b^t}{P_b} \\
 A_a^{t+1} &= \frac{(1 - m_a)P_aA_a^t}{P_a} + \frac{m_aP_aA_b^t}{P_b} \\
 A_a^{t+1} &= (1 - m_a)A_a^t + \frac{m_aP_a}{P_b}(P_b - B_b^t) \\
 A_a^{t+1} &= (1 - m_a)A_a^t + \frac{m_aP_a}{P_b}(P_b - (P_b - B_a^t)) \\
 A_a^{t+1} &= (1 - m_a)A_a^t + \frac{m_aP_a}{P_b}B_a^t \\
 A_a^{t+1} &= (1 - m_a)A_a^t + \frac{m_aP_a}{P_b}(P_a - A_a^t)
 \end{aligned}$$

$$A_a^{t+1} = (1 - m_a)A_a^t + \frac{m_aP_a}{P_b}(P_a - A_a^t) \tag{E.1}$$

Sachant cela pour A_a , nous pouvons procéder de la même manière pour les autres couples d'origines de pièces et de lieux :

$$B_a^{t+1} = (1 - m_a)B_a^t + \frac{m_a P_a}{P_b}(P_b - B_a^t) \quad (\text{E.2})$$

$$A_b^{t+1} = (1 - m_b)A_b^t + \frac{m_b P_b}{P_a}(P_a - A_b^t) \quad (\text{E.3})$$

$$B_b^{t+1} = (1 - m_b)B_b^t + \frac{m_b P_b}{P_a}(P_b - B_b^t) \quad (\text{E.4})$$

Sachant que $A_a^{t+1} = (1 - m_a)A_a^t + \frac{m_a P_a}{P_b}(P_a - A_a^t)$, si nous définissons $x = (1 - m_a)$, $y = \frac{m_a P_a}{P_b}$, $a = x - y$ et $b = y P_a$, nous avons :

$$aA_a^t + b \quad (\text{E.5})$$

Nous avons que les séries arithmético-géométriques peuvent être résolues par le théorème suivant : $\forall n \geq n_0, U_{n+1} = aU_n + b$, avec $r = \frac{b}{1-a}$, cela donne donc $\forall n \geq n_0, U_n = a^{n-n_0}(U_{n_0} - r) + r$, avec U désignant la série arithmétique et la différence commune r . Par conséquent, le changement dans le stock de pièces de chaque origine varie selon les populations des deux pays et des taux de mobilité des résidents du pays où les pièces sont observées.

E.2 Formalisme en temps continu

Si l'on définit les variations de A_a , A_b , B_a et B_b sous le formalisme déterministe d'équations différentielles ordinaires, on trouve que :

$$A_a^{t+1} - A_a^t = -m_a \left(1 + \frac{P_a}{P_b}\right) A_a^t + \frac{m_a P_a^2}{P_b}$$

Par conséquent, avec d désignant la dérivée, le point d'équilibre qui vérifie $\frac{dA_a}{dt} = 0$ est donné par l'expression suivante :

$$\frac{dA_a}{dt} = \frac{P_a^2}{P_b + P_a}$$

de la même manière, les points d'équilibre qui vérifient $\frac{dB_a}{dt} = 0$, $\frac{dA_b}{dt} = 0$ et $\frac{dB_b}{dt} = 0$

sont donnés par les expressions :

$$\begin{aligned} B_a &= \frac{P_a P_b}{P_b + P_a} \\ A_b &= \frac{P_a P_b}{P_b + P_a} \\ B_b &= \frac{P_b^2}{P_b + P_a} \end{aligned}$$

La variation entre deux états consécutifs dépend à la fois des taux de mobilité des résidents du pays d'émission et des différentiels de population entre les deux pays. La valeur des points d'équilibre de redistribution des pièces entre les deux pays dépend selon des rapports de population, autrement dit du nombre de pièces produit à l'origine par chacun des deux pays.

ANNEXE F

Compléments au chapitre 7

F.1 Calibration du modèle sans différentiels de population ou d'attractivité touristique des régions européennes.

F.1.1 Valeurs des paramètres de taux de mobilité et de pondération de la population après calibration.

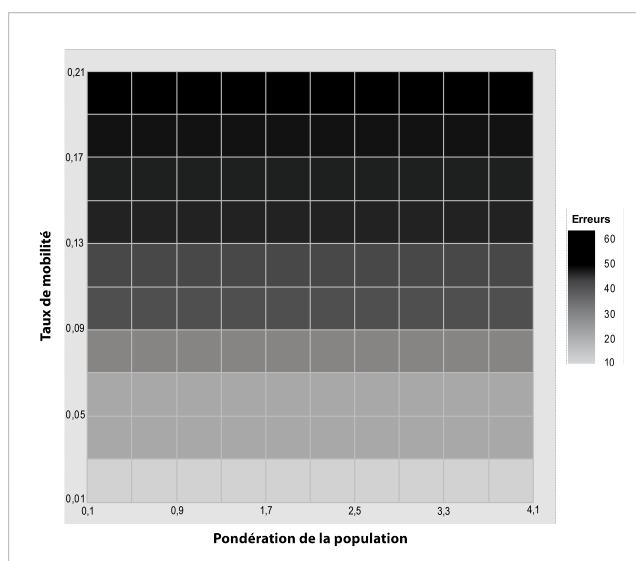


FIGURE F.1 – Sensibilité du terme d’erreur (Err) aux valeurs du taux de mobilité (μ) et du paramètre de pondération de la population (β).

F.1.2 Distribution des erreurs individuelles au cours du temps.

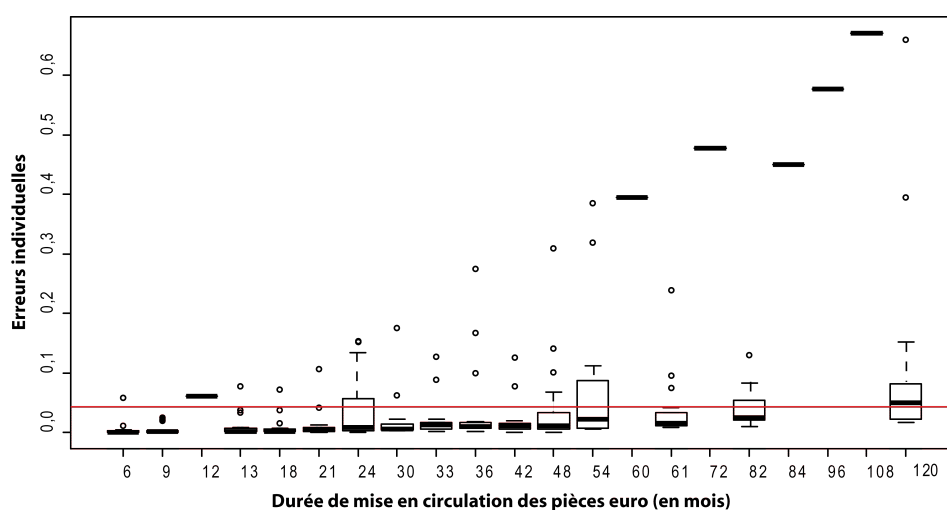


FIGURE F.2 – Variabilité temporelle des erreurs d’estimation des répartitions des différentes origines de pièces par région.

F.1.3 Distribution des erreurs individuelles dans l’espace.

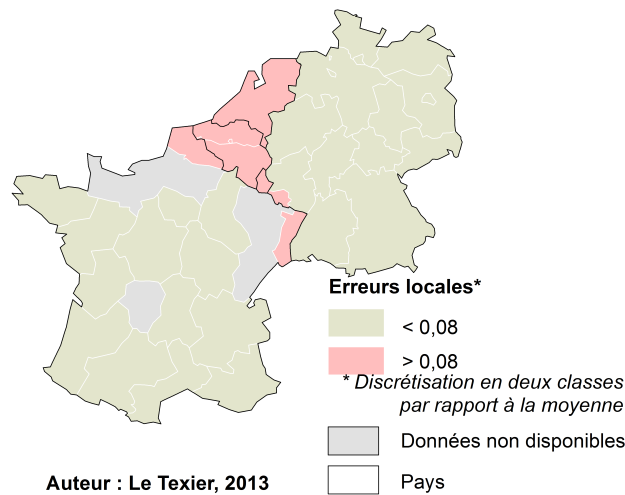


FIGURE F.3 – Cartographie des erreurs moyennes de spécification de la répartition des pièces.

F.2 Calibration du modèle sans différentiels d'attractivité touristique des régions européennes.

F.2.1 Valeurs des paramètres de taux de mobilité et de pondération de la population après calibration.

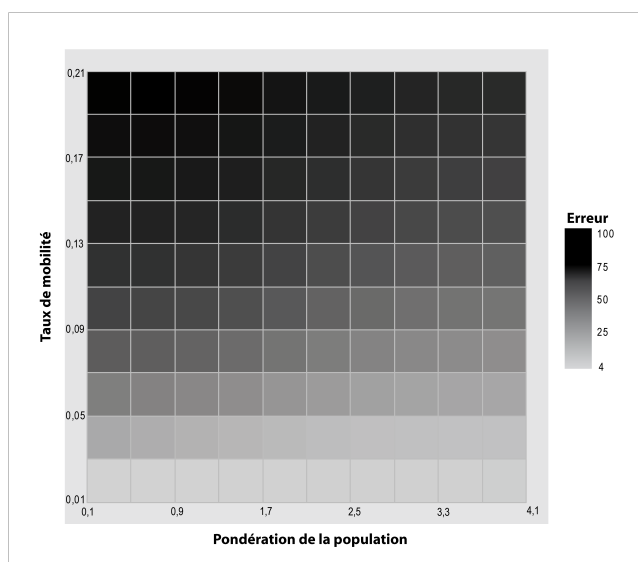


FIGURE F.4 – Sensibilité du terme d'erreur (Err) aux valeurs du taux de mobilité (μ) et du paramètre de pondération de la population (β).

F.2.2 Distribution des erreurs individuelles au cours du temps.

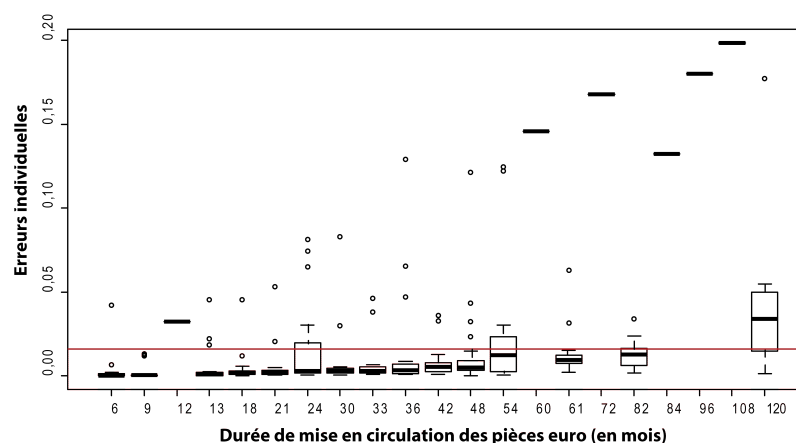


FIGURE F.5 – Variabilité temporelle des erreurs d'estimation des répartitions des différentes origines de pièces par région.

F.2.3 Distribution des erreurs individuelles dans l'espace.

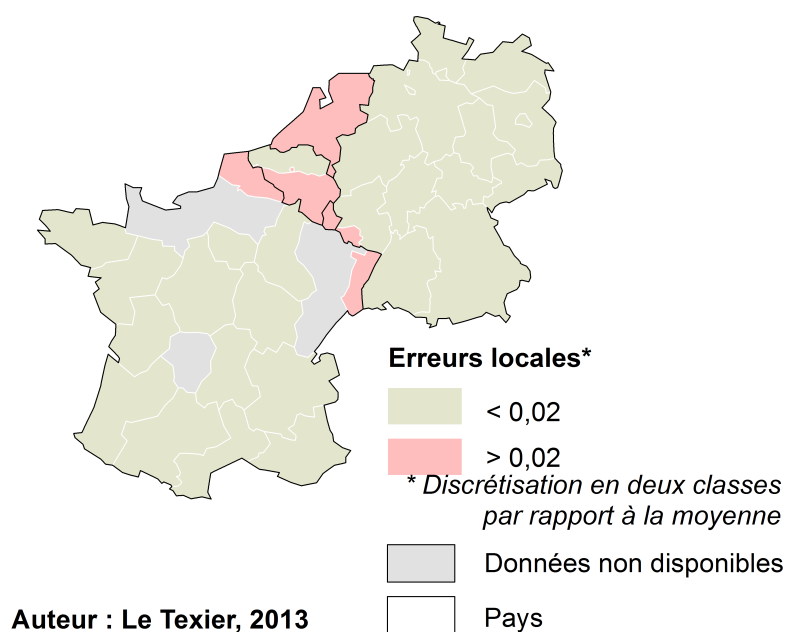


FIGURE F.6 – Cartographie des erreurs moyennes de spécification de la répartition des pièces.

Bibliographie

- ADLER, T. et BEN-AKIVA, M. (1979). A theoretical and empirical model of Trip Chaining Behavior. *Transportation Research B*, 13:243–257.
- AGUILERA, A. (2008). Business travel and mobile workers. *Transportation Research Part A*, 42:1109–1116.
- AKAIKE, H. (1974). A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19 (6):716–723.
- ALLEN, P. et SANGLIER, M. (1979). A dynamic model of growth in a central place system. *Geographical Analysis*, 11:256–272.
- ALLEN, P. et SANGLIER, M. (1981). Urban evolution, self organisation and decision-making. *Environment and Planning*, 13:168–183.
- ALLEN, P. M. (1997). *Cities and Regions as Self-Organizing Systems : Models of Complexity*. Taylor and Francis, London.
- ANAS, A. (1983). Discrete Choice Theory, Information Theory and the Multinomial Logit and Gravity Models. *Transportation Research B*, 17:13–23.
- ANDERSSON, H. et BRITTON, T. (2000). *Stochastic Epidemic Models and Their Statistical Analysis*. Springer.
- APPARICIO, P. (2000). Les indices de ségrégation résidentielle : un outil intégré dans un système d’information géographique. Cybergeog : European Journal of Geography. mis en ligne le 16 juin 2000, consulté le 12 mai 2013.

- ARTHUR, W. B. (1988). *Cities and Their Vital Systems : Infrastructure, Past, Present and Future*, chapitre Urban Systems and Historical Path Dependence, pages 85–97. National Academy Press, Washington, D.C.
- ASCHAN-LEYGONIE, C. (2000). Vers une analyse de la résilience des systèmes spatiaux. *L'Espace Géographique*, 29(1):64–77.
- ASKEVIS-LEHERPEUX, F. (1985). Mobilité et espace urbain : comment réduire l'ambiguïté d'une relation. *L'année psychologique*, 85(4):535–548.
- AUBIN, G. (2007). Les trésors (monétaires) antiques : le mot, les choses et les chercheurs. *In Autour du trésor de Mâcon. Luxe et quotidien en GAule romaine*, pages 45–50. Mâcon : Institut de recherche du Val de Saône-Mâconnais.
- AXELROD, R. (1997). Advancing the art of simulation in the social sciences. *Complexity*, 3:16–22.
- AZIZ-ALAOUI, M. et BERTELLE, C. E. (2009). *From System Complexity to Emergent Properties*. Springer, Berlin.
- BANOS, A. et SANDERS, L. (2012). Vers une cartographie sémantique des modèles urbains : des individus aux systèmes de villes. *In Modélisation urbaine : de la représentation au projet*, pages 52–65. Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie.
- BARRO, R. J. et Sala-i MARTIN, X. X. (1992). Convergence. *Journal of Political Economy*, 100:223–251.
- BARTLETT, M. S. (1946). Stochastic processes. Notes of a course at University of North Carolina.
- BATTY, M. (2008). The Size, scale, and shape of cities. *Science*, 319(5864):769–771.
- BAUM, T. et HAGEN, L. (1999). Responses to seasonality : the Experiences of peripheral destinations. *International Journal of Tourism Research*, 1(5):299–312.
- BEAVERSTOCK, J. V. (2002). Transnational elites in global cities : British expatriates in Singapore's financial district. *Geoforum*, 33 (4):525–538.
- BEAVERSTOCK, J. V., DERRUDER, B., FAULCONBRIDGE, J. R. et WITLOX, F. (2009). International business travel : some Explorations. *Geografiska Annaler : Series B, Human Geography*, 91(3):193–202.

- BEAVERSTOCK, J. V., SMITH, R. G. et TAYLOR, P. J. (2000). World-City Network : A New Metageography ? *Annals of the Association of American Geographers*, 90 (1):123–134.
- BECK, F. (2002). Vers une mesure fiable de l'ampleur des usages de drogues illicites en France. In *Actes des journées de méthodologie statistique - 4 et 5 décembre 2000*, volume 3 de *Insee Méthodes*.
- BELL, M. et WARD, G. (2000). Comparing temporary mobility with permanent migration. *Tourism Geographies*, 2:97–107.
- BEN-AKIVA, M. et LERMAN, S. (1985). *Discrete Choice Analysis : Theory and Application to Travel Demand*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- BEN-AKIVA, M. E. et BOWMAN, J. L. (1998). Integration of an activity-based model system and a residential location model. *Urban Studies*, 35 (7):1231–1253.
- BERGMAN, T., LAURI, A., RUHALA, A. et RYDMAN, W. (2002). Euro coin diffusion. In *Proceedings of the EPS-12 : Trends in Physics*, Budapest.
- BERROIR, S., CATTAN, N., COMMENGES, H., DECROLY, J.-M., FLEURY, A. et GUÉROIS, M. (2011). Entre banalité et exotisme, le panel individuel des destinations touristiques. *Mondes du tourisme*, Hors Série:50–62.
- BERROIR, S., GRASLAND, C., GUÉRIN-PACE, F. et HAMEZ, G. (2005). La diffusion spatiale des pièces euro en Belgique et en France. *Revue belge de Géographie (Belgeo)*, 4:345–358.
- BERROIR, S., MATHIAN, H. et SAINT-JULIEN, T. (2004). Mobilités et polarisations : vers des métropoles polycentriques. Le cas des métropoles francilienne et méditerranéenne. Convention de recherche entre l'UMR 8504 Géographie-cités et le Plan Urbanisme Construction Architecture (Pôle Sociétés urbaines, Habitat et Territoires) dans le cadre du programme "Mobilités et territoires urbains", 145 p.
- BERRY, B. J. L. (1964). Cities as systems within systems of cities. *Papers in Regional Science*, 13:147–163.
- BETHLEHEM, J. G. (2002). *Survey Nonresponse*, chapitre Weighting Nonresponse Adjustments Based on Auxiliary Information. Wiley, New York.
- BETHLEHEM, J. G. (2009). Peut-on établir des statistiques officielles à partir d'enquêtes en ligne reposant sur le principe de l'autosélection ? In *Collecte des données : défis, réalisations et nouvelles orientations*. La série des symposiums internationaux de Statistique Canada.

- BÉGUIN, H. (1979). *Méthodes d'analyse géographique quantitative*. Litec-Droit, Paris.
- BLATTER, J. (2004). 'From Spaces of Place' to 'Spaces of Flows'? Territorial and functional governance in cross-border regions in Europe and North America. *International Journal of Urban and Regional Research*, 28 (3):530–548.
- BLAU, P. M. (1977). *Inequality and heterogeneity*. Free Press.
- BLAU, P. M. (1993). Multilevel Structural Analysis. *Social Networks*, 15:201–215.
- BLAU, P. M. (1994). *Structural Context of Opportunities*. University of Chicago Press.
- BLONDEL, V., KRINGS, G. et THOMAS, I. (2010). Régions et frontières de téléphonie mobile en Belgique et dans l'aire métropolitaine bruxelloise. *Brussels Studies*, 42:1–13.
- BOMPAIRE, M. (2002). Sou. In *Dictionnaire du Moyen-Age*, page 1349. Presses Universitaires de France.
- BONABEAU, E., TOUBIANA, L. et FLAHAULT, A. (1998). The geographical spread of Influenza. *Proceedings : Biological Sciences*, 265 (1413):2421–2425.
- BONNET, M. (2006). Quelles mobilités ? pour quelle ville ? In BONNET, M. et AUBERTEL, P., éditeurs : *La ville aux limites de la mobilité*, Sciences sociales et sociétés, pages 11–20. PUF.
- BONNEVILLE, M., BUISSON, M. A. et ROUSIER, N. (1996). De l'internationalité à l'internationalisation des villes. In *Urban Networks in Europe*, pages 69–84. John Libbey Eurotext.
- BOSKER, M., BRAKMAN, S., GARRETSEN, H. et SCHRAMM, M. (2010). Adding geography to the New Economic Geography : Bridging the gap between theory and empirics. *Journal of Economic Geography*, 10(6):793–823.
- BOWMAN, J. L. (1998). *The Day Activity Schedule Approach to Travel Demand Analysis*. Thèse de doctorat, Massachusetts Institute of Technology.
- BRENNER, N. (1998). Global cities, glocal state : Global cities formation and state territorial restructuring in contemporary Europe. *Review of International Political Economy*, 5(1):1–37.
- BRETAGNOLLE, A., DAUDÉ, E. et PUMAIN, D. (2003). From theory to modelling : urban systems as complex systems. Cybergeog : European Journal of Geography. Dossiers, 13ème Colloque Européen de Géographie Théorique et Quantitative, Lucca, Italie, 8-11 septembre 2003.

- BRETAGNOLLE, A., MATHIAN, H., PUMAIN, D. et ROZENBLAT, C. (1999). Long-term dynamics of European towns and cities : Towards a spatial model of urban growth. Cybergeog : Revue européenne de géographie [on line]. mis en ligne le 29 mars 2000.
- BRÜLHART, M. et TORSTENSSON, J. (1996). Regional integration, scale economies and industry location in the European Union. *Centre for Economic Policy Research and International Trade*, 1435:41.
- BROCKMANN, D. et HUFNAGEL, L. (2007). The Scaling law of human travel - A message from George. In BLASIUS, B., éditeur : *Nonlinear Modeling in Ecology, Epidemiology and Genetics*, pages 109–127. World Scientific.
- BROCKMANN, D. et THEIS, F. (2008). Money circulation, trackable items, and the emergence of universal human mobility patterns. *Ieee Pervas Comput.*, 7:28–35.
- BRUNET, R. (1989). *Les villes "européennes"*. Datar.
- BRUNET, R. (1997). *Territoires de France et d'Europe. Raisons de géographes*. Belin, Paris.
- BURSCHE, A. (2002). Circulation of Roman Coinage in Northern Europe in Late Antiquity. *Histoire & mesure*, XVII (3):121–141.
- BUSNEL, Y., BERTIER, M. et KERMARREC, A. (2008). On the Impact of the Mobility on Convergence Speed of Population Protocols. *Rapport de recherches, Institut National de Recherche en Informatique et Application (INRIA)*, 6580.
- BUSSIÈRE, E. (2009). Régionalisme monétaire et identité européenne depuis le traité de Rome. *Relations internationales*, 139(3):25–36.
- BUXEDA, C. (2005). Formes spatiales de l'ouverture de la frontière franco-allemande. Analyse de la diffusion spatiale du travail frontalier (1968-1999). *Espace populations sociétés*, 2:1–11.
- CAMAGNI, R. (2002). On the Concept of territorial competitiveness : Sound or misleading? *Urban Studies*, 39(13):2395–2411.
- CAMAGNI, R. (2008). Regional competitiveness : Towards a concept of Territorial Capital. In CAPELLO, R., CAMAGNI, R., CHIZZOLINI, B. et FRATESI, U., éditeurs : *Modelling Regional Scenarios for the Enlarged Europe. European Competiveness and Global Strategies*, pages 33–47. Springer.
- CAMAGNI, R. et CAPELLO, R. (2010). Macroeconomic and territorial policies for regional competitiveness : an EU perspective. *Regional Science Policy and Practice*, 2(1):1–19.

- CASETTI, E. (1969). Why do diffusion processes conform to Logistic trends ? *Geographical Analysis*, 1(1):101–105.
- CASTELLS, M. (1996). *La Société en Réseaux. L'ère de l'information*. Fayard, Paris.
- CATTAN, N. (1995a). Attractivity and internationalisation of the major European cities : the Example of air trafic. *Urban Studies*, 32 (2):303–312.
- CATTAN, N. (1995b). Barrier effects : the Cases of air and rail flows. *International Political Science Review*, 16(3):237–248.
- CATTAN, N. (2004). Le monde au prisme des réseaux aériens. *Flux*, 58(4):32–43.
- CATTAN, N. et SAINT-JULIEN, T. (1998). Modèles d'intégration spatiale et réseau des villes en Europe occidentale. *Espace géographique*, 27 (1):1–10.
- CAUVIN, C. (1999). Pour une approche de la cognition spatiale intra-urbaine. Cybergeog : European Journal of Geography [en ligne]. document 72, mis en ligne le 27 janvier 1999, consulté le 23 mai 2013.
- CAVALLI-SFERZA, L. L. et EDWARDS, W. (1967). Phylogenetic analysis. Models and estimation procedures. *American Journal of Human Genetics*, 19(3):233–257.
- CAZES, G. (1992). *Fondements pour une géographie du tourisme et des loisirs*. Bréal, Rosny.
- CHAMEROY, J. (2002). Comment les monnaies romaines étaient-elles exportées sous l'Empire ? L'exemple du moyen Danube. *Histoire & mesure*, 17(3):43–78.
- CHAMEROY, J., OBERLÄNDER-T ?RNOVEANU, E. et BATHIA, P. (2002). Débat : monnaie et économie. *Histoire & mesure*, 17(3):227–232.
- CHEVRIER, S. et SAUVAGE, A. (2006). Plein Cadre. Les cadres internationaux à l'épreuve du déplacement. In BONNET, M. et AUBERTEL, P., éditeurs : *La ville aux limites de la mobilité*, pages 175–182. Presses Universitaires de France.
- CHOI, J. H., BARNETT, G. A. et CHON, B.-S. (2006). Comparing world city networks : a Network analysis of internet backbone and air transport intercity linkages. *Global Networks*, 6 (1):81–99.
- CHRISTALLER, W. (1933). *Die Zentralen Orte in Süddeutschland*. Jena : Gustav Fischer.
- CICILLE, P. et ROZENBLAT, C. (2003). *Les villes européennes, analyse comparative*. DARTAR.

- CLAVAL, P. (1973). *Principes de géographie sociale*. Librairies Techniques, Paris.
- CLIFF, A. D. (1981). *Spatial diffusion : an historical geography of epidemics in an island community*. Cambridge University Press.
- COATIVY, Y. (2003). La montagne est-elle une frontière ? Le témoignage de la circulation monétaire d'après les trésors alpins. *In Actes des congrès de la Société des historiens médiévistes de l'enseignement supérieur public*, volume 34, pages 41–62.
- COHEN, B. J. (1998). *The Geography of Money*. Cornell University Press, Ithaca/Londres.
- COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES (2003). Introduction des billets et pièces en euro - un an après. Communication de la Commission au Parlement Européen, au Conseil, au Comité Economique et Social Européen, au Comité des Régions et à la banque Centrale Européenne.
- COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES (2006). Cinq années de billets et pièces en euros. Communication de la Commission au Conseil, au Parlement Européen, au Comité Economique et Social Européen, au Comité des Régions et à la Banque Centrale Européenne.
- COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES (2008). Uem@10 : Bilan de l'union économique et monétaire dix ans après sa création. Communication de la Commission au Parlement Européen, au Conseil, au Comité Economique et Social Européen, au Comité des Régions et à la banque Centrale Européenne.
- COMMISSION EUROPÉENNE (2004). Qualitative study on cross-border shopping. Euro-barometer.
- COMMISSION EUROPÉENNE (2008). Livre vert sur la cohésion territoriale : Faire de la diversité territoriale un atout.
- COMMISSION EUROPÉENNE (2012). L'opinion publique dans l'Union Européenne. Euro-baromètre standard 77. 28 pages.
- COMTOIS, C. (1986). Spatial integration and geographic modernization : Review of theories and synthesis. *Cahiers de géographie du Québec*, 79 (30):41–51.
- CRESSWELL, T. (2006). *On the Move. Mobility in the Modern Western World*. Routledge, New York.
- CROCE, V. et WÖBER, K. (2009). *Analyzing International City Tourism*, chapitre Seasonality in City Tourism : Concepts and Measurements, pages 59–77. Springer.

- DARLU, P. et RUFFIÉ, J. (1992). L'immigration dans les départements français étudiée par la méthode des patronymes. *Population*, 47(3):719–734.
- D'AUBIGNY, G., CALZADA, C., GRASLAND, C., ROBERT, D., VIHO, G. et VINCENT, J.-M. (2000). Approche poissonnienne des modèles d'interaction spatiale. *Cybergeo : Revue européenne de géographie*, article 126:1–10.
- DAY, J. (1998). Naissance et mort des monnaies de compte (XIIIème - XVIIIème siècles). *Revue numismatique*, 153 (6):335–343.
- DE BOE, P., GRASLAND, C. et HEALY, A. (1999). Spatial integration. Spatial Integration. Study Programme on European Spatial Planning 14, Final Report.
- de RUFFRAY, S., HAMEZ, G., GRASLAND, C., LAMBERT, N., HAMM, A. et GALLET-MORON, E. (2011). Enjeux des territoires frontaliers à l'échelle nationale. vers la détermination et la délimitation de pôles transfrontaliers. DATAR. 33 pages.
- de RUFFRAY, S., HAMEZ, G., MEDDAHI, D., MORON, E. et SMITS, F. (2008). La comparaison des territoires transfrontaliers à l'échelle nationale. Vers une typologie fondée sur les logiques d'intégration. Rapport pour la DIACT. 29 pages.
- DELAMARE, F. (1994). *Le frai et ses lois*. Cahiers Ernest-Babelon n° 5, Paris.
- DEMUNTER, C. (2010). July and August account for one third of all annual nights spent in accommodation establishments in the EU : a look at the seasonal bias in the tourism accommodation sector in 2009. *Statistics in Focus : Population and Social Conditions*, 53:12.
- DEPEYROT, G. (2001). La monnaie romaine. *L'Archéologue*, 54:3–25.
- DEPEYROT, G. (2002a). La "grande" circulation monétaire, un thème de recherche. *Histoire & mesure*, 17(3):3–6.
- DEPEYROT, G. (2002b). *Numismatique antique et médiévale en Occident*. Errance, Paris, France.
- DERRUDER, B. et WITLOX, F. (2005). An appraisal of the use of airline data in assessing the World city network : A research note on data. *Urban Studies*, 42(13):2371–2388.
- DI MÉO, G. (1999). Géographie tranquilles du quotidien. une analyse de la contribution des sciences sociales et de la géographie à l'étude des pratiques spatiales. *Cahiers de Géographie du Québec*, 43(118):75–93.

- DOBRUSZKES, F. (2006). An analysis of European low-cost airlines and their networks. *Journal of Transport Geography*, 249-264:14 (4).
- DOMINIAK, S. (2001). La répartition des patronymes le long de la frontière franco-belge. Mémoire de maîtrise, Université Paris Diderot. 114 pages.
- DRAGULESCU, A. et YAKOVENKO, V. M. (2001). Exponential and power-law probability distributions of wealth and income in the United Kingdom and the United States. *Physica A*, 299:213–221.
- DUJARDIN, C. (2001). Effet de frontière et interaction spatiale. Les migrations alternantes et la frontière linguistique en Belgique. *L'Espace Géographique*, 30(4):307–320.
- DUNCAN, O. et DUNCAN, B. (1955). A methodological analysis of segregation indexes. *American sociological review*, 20(2):210–217.
- DURAND-DASTÈS, F. (2001). *Modèles en analyse spatiale*, chapitre Les concepts de la modélisation, pages 31–59. Hermes Lavoisier.
- EDWARDS, D., GRIFFIN, T. et HAYLLAR, B. (2008). Urban tourism research. Developing an agenda. *Annals of Tourism Research*, 35 (4):1032–1052.
- EDWARDS, M., HUET, S., GOREAUD, F. et DEFFUANT, G. (2003). Comparing an individual-based model of behaviour diffusion with its mean field aggregate approximation. *Journal of Artificial Societies and social simulation*, 6 (4).
- EPSTEIN, J. M. et AXTELL, R. (1996). *Growing Artificial Societies : Social Science from the Bottom Up*. Brookings Institution Press, Washington, D.C.
- ESPON (2010). Metroborder. Cross-border polycentric metropolitan regions. Final Report. 193 pages.
- ESPON (2013). Territorial insight : Where to focus what types of investments. Second ESPON 2013 Synthesis Report.
- EURODIFFUSIE (2011). Volg de verspreiding van de euromunten door Europa ! Accessed February, 2011.
- EUROSTAT (2008). Science, technology and innovation in Europe. Eurostat Statistical books. 244 pages.
- EUROSTAT (2012). Statistic database. Accessed September, 2012.

- FLEURY, A., FRANÇOIS, J.-C., MATHIAN, H., ANTONINE, R. et SAINT-JULIEN, T. (2012). Les inégalités socio-spatiales progressent-elles en Ile-de-France ? *Métropolitiques.eu*, 12 décembre:1–7. En ligne : <http://www.metropolitiques.eu/IMG/pdf/MET-Geographie-cites.pdf>.
- FLOCH, J.-M. (2011). Vivre en deçà de la frontière, travailler au-delà. Insee.
- FOTHERINGHAM, A. et O'KELLY, M. (1989). *Spatial Interaction Models : Formulations and Applications*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- FOUCART, T. (2006). Colinéarité et régression linéaire. *Mathematics and Social Sciences*, 173 (1):5–25.
- FRANÇOIS, J.-C., GRASLAND, C. et LE GOIX, R. (2002). L'espace compte. *Espace Géographique*, 4:355–356.
- FRÉMONT, A. (1974). Recherches sur l'espace vécu. *L'Espace Géographique*, 3 (3):231–238.
- FRÉMONT, A. et SOPPÉ, M. (2005). La desserte de la rangée Nord-Europe par les armements de lignes régulières : concentration ou dispersion ? 1994-2002. *Flux*, 59(1):22–32.
- FUJITA, M. et KRUGMAN, P. (2004). The New Economic Geography : Past, present and the future. *Papers in Regional Science*, 83:139–164.
- FUJITA, M., KRUGMAN, P. et VENABLES, A. (1999). *The spatial economy : cities, regions and international trade*. MIT press, Cambridge MA.
- FUJITA, M., KRUGMAN, P. et VENABLES, A. J. (2001). *The Spatial Economy : Cities, Regions, and International Trade*. MIT Press, Cambridge.
- GIL-QUIJANO, J., LOUAIL, T. et HUTZLER, G. (2012). *Principles and Practice of Multi-Agent Systems*, chapitre From Biological to Urban Cells : Lessons from Three Multilevel Agent-Based Models, pages 620–635. Springer Berlin / Heidelberg.
- GILBERT, N. et TROITZSCH, K. G. (2011). *Simulation for the Social Scientist*. Open University Press, 2nd édition.
- GOLOB, T. et MEURS, H. (1986). Biases in response over time in a seven-day travel diary. *Transportation*, 13 (2):163–181.
- GONZALEZ, M. C., HIDALGO, C. A. et BARABASI, A.-L. (2008). Understanding individual human mobility patterns. *Nature*, 453:779–782.

- GOODCHILD, M. F. (2007). Citizens as sensors : the world of volunteered geography. *Geojournal*, 69:211–221.
- GOULD, P. (1969). Spatial diffusion. *Association of American Geographers, Resource Paper No. 4*, page 80.
- GOUX, D. et MAURIN, E. (1994). Education, expérience et salaire. *Economie et prévision*, 116 (5):155–178.
- GRAHAM, B. et SHAW, J. (2008). Low-cost airlines in Europe : Reconciling liberalization and sustainability. *Geoforum*, 39:1439–1451.
- GRAHAM, S. (1999). Global grids on glass : On global cities, telecommunications and planetary urban networks. *Urban Studies*, 36 (5-6):929–949.
- GRANGER, C. (1981). Some properties of time series data and their use in econometric model specification. *Journal of Econometrics*, 16:121–130.
- GRASLAND, C. (1999). Interaction spatiale et effets de barrière. 1ère partie : des Modèles d'interaction spatiale aux modèles d'interaction territoriale. Miméo, CNRS-UMR Géographie-Cités.
- GRASLAND, C. (2009). Spatial analysis of social facts. In BAVAUD, F. et MAGER, C., éditeurs : *Handbook of Theoretical and Quantitative Geography*, pages 117–174, Lausanne. FGSE.
- GRASLAND, C. (2012). Le "Pot Belge" : hommage amical à un pays modèle pour l'étude des facteurs d'intégration territoriale. *Belgeo - Revue belge de géographie*, 1-2:2–25.
- GRASLAND, C. et BUXEDA, C. (2005). Formes spatiales de l'ouverture de la frontière franco-allemande. Analyse de la diffusion spatiale du travail frontalier (1968-1999). *Espace populations sociétés*, 2:211–222.
- GRASLAND, C. et GUÉRIN-PACE, F. (2003). Euroluca : a simulation model of euro coins diffusion. In *Proceedings of the 13th European Colloquium on Theoretical and Quantitative Geography*, page 24, Lucca, Italie.
- GRASLAND, C. et GUÉRIN-PACE, F. (2004). Mobilité européenne, tourisme et diffusion des pièces euros étrangères en France. *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, 5:793–822.
- GRASLAND, C., GUÉRIN-PACE, F., LE TEXIER, M. et GARNIER, B. (2012). Diffusion of foreign euro coins in France, 2002-2012. *Population and Societies*, 488:1–4.

- GRASLAND, C., GUÉRIN-PACE, F. et NUNO, J.-C. (2005a). Interaction spatiale et réseaux sociaux. Modélisation des déterminants physiques, sociaux et géographiques de la diffusion des pièces euro entre pays de la zone euro. *In 2eme Colloque "Systèmes Complexes en SHS"*, Pa.
- GRASLAND, C., GUÉRIN-PACE, F. et TERRIER, C. (2005b). La diffusion spatiale, sociale et temporelle des pièces euros étrangères : un problème complexe. Actes des journées de Méthodologie Statistique.
- GRASLAND, C., GUÉRIN-PACE, F. et TOSTAIN, A. (2002). La circulation des euros, reflet de la mobilité des hommes. *Population et Sociétés*, 384:4p.
- GRASLAND, C. et LE TEXIER, M. (2013). Une famille de mesures du niveau et de la dynamique d'internationalisation des territoires. *In 50ème conférence de l'ASRDLF*.
- GRATALOUP, C. (2006). *Géohistoire de la mondialisation. Le temps long du monde*. Armand Colin, Paris.
- GROUPE FRONTIÈRE, ARBARET-SCHULZ, C., BEYER, A., PIERMAY, J.-L., REITEL, B., SELIMANOVSKI, C., SOHN, C. et ZANDER, P. (2004). La frontière, un objet spatial en mutation. *EspacesTemps.net*. Consulté le 28 avril 2012.
- GROVES, R. M., PRESSER, S. et DIPKO, S. (2004). The role of topic interest in survey participation decisions. *Public Opinion Quarterly*, 68(1):2–31.
- GUERMOND, Y. (2008). From classic models to incremental models. *In The Modeling Process in Geography : From Determinism to Complexity*, pages 15–38. ISTE and J. WILEY, London.
- GUICHONNET, P. et RAFFESTIN, C. (1974). *Géographie des frontières*. Presses Universitaires de France, Paris.
- GWIAZDZINSKI, L. (2005). *La nuit, dernière frontière de la ville*. Editions de l'Aube.
- HAINING, R. P. (1978). Interaction modelling on central place lattices. *Journal of Regional Science*, 18(2):217–228.
- HAINING, R. P. (1982). Interaction models and spatial diffusion processes. *Geographical Analysis*, 14 (2):95–108.
- HAKEN, H. (1977). *Synergetics, An introduction*. Synergetics, An introduction.
- HALBERT, L., CICILE, P., PUMAIN, D. et ROZENBLAT, C. (2012). Quelles métropoles en Europe ? Analyse comparée. Synthèse. DATAR. 20 pages.

- HAMEZ, G. (2004). *Du transfrontalier au transnational : Approche géographique. L'exemple de la frontière franco-belge*. 498 p., Université Paris 1.
- HAUSER, H. (1929). Réflexions sur l'histoire des banques à l'époque moderne (de la fin du XVe à la fin du XVIIIe siècle). *Annales d'histoire économique et sociale*, 1 (3):335–351.
- HEAD, K. et MAYER, T. (2002). Effet frontière, intégration économique et 'Forteresse Europe'. *Economie et prévision*, 152(1):71–92.
- HEBBINK, G. et PEETERS, M. (1999). The circulation of euro banknotes and coins in the Netherlands. *De Economist*, 147(1):73–82.
- HELLEINER, E. (1999). Historicizing territorial currencies : Monetary space and the nation-state in North America. *Political Geography*, 18:309–339.
- HELMFRID, S. (1968). Zur Geographie einer mobilen Gesellschaft. Gedanken zur Entwicklung in Schweden. *Geographische Rundschau*, 20 (12):445–451.
- HÄGERSTRAND, T. (1952). *The propagation of innovation waves*. B(n ?4). Royal University of Lund.
- HÄGERSTRAND, T. (1953). Innovation diffusion as a spatial process. Translation by A. Pred, 1967, University of Chicago Press.
- HÄGERSTRAND, T. (1970). What about people in regional science? *Regional Science Association Papers*, 24:7–21.
- HILAL, M. et SENCÉBÉ, Y. (2003). Espaces et territoires périurbains : des logiques de déplacement aux logiques d'ancrage. In *Travail et territoires. Confrontation d'approches disciplinaires : économie, histoire, sociologie*, Dijon, France.
- HOLLING, C. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual review of ecology and systematics*, 4:1–23.
- HUFF, D. (1964). Defining and estimating a trading area. *Journal of Marketing*, 28:34–38.
- INSEE (2013). Palmarès des sites culturels et récréatifs en 2011. consulté le 21 juillet 2013.
- IOANNIDES, Y. et OVERMAN, H. G. (2004). Spatial Evolution of the US Urban System. *Journal of Economic Geography*, 4 (2):131–156.
- JAYET, H. (1993). *Analyse Spatiale Quantitative. Une Introduction*. Economica, Paris.

- KAUFMANN, V. (2002). *Re-Thinking Mobility : Contemporary Sociology*. Ashgate Publishing Company.
- KAUFMANN, V. (2008). *Les paradoxes de la mobilité, bouger, s'enraciner*. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne.
- KAUFMANN, V., BERGMAN, M. M. et JOYE, D. (2004). Motility : mobility as capital. *International Journal of Urban and Regional Research*, 28:745–756.
- KEELING, David, J. (1995). Transport and the world city paradigm. In KNOX, P. et TAYLOR, P., éditeurs : *World Cities in a World-System*, pages 115–131. Cambridge University Press.
- KELLY, J. (2003). The Irish pound : from Origins to EMU. *The Irish Pound : From Origins to EMU*.
- KITAMURA, R. (1984a). Incorporating trip chaining into analysis of destination choice. *Transportation Research B*, 18:67–81.
- KITAMURA, R. (1984b). A model of daily time allocation to discretionary out-of-home activities and trips. *Transportation Research B*, 18:255–266.
- KLAASSEN, L., WAGENAAR, S. et VAN DER WEG, A. (1972). Measuring Psychological Distance between the Flemings and the Walloons. *Journal in Regional Science*, 29(1): 45–62.
- KLEIBER, C. et ZEILEIS, A. (2008). *Applied Econometrics With R*. Springer.
- KNAFOU, R. et STOCK, M. (2003). *Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés*, chapitre Tourisme, pages 931–934. Belin, Paris.
- KOHLA, B. et MESCHIK, M. (2013). Comparing trip diaries with GPS tracking : Results of a comprehensive austrian study. In *Transport Survey Methods. Best Practice for Decision Making*, chapitre 16, pages 305–320. Emerald Group, Bingley, UK.
- KOVALEV, R. K. (2002). Dirham Mint Output of Samanid Samarqand and its Connection to the Beginnings of Trade with Northern Europe (10th century). *Histoire & mesure*, 17(3):197–216.
- KRUGMAN, P. (1991). First Nature, Seconde Nature, and Metropolitan Location. *National Bureau of Public Research, Working Paper No. 3740*, page 32.
- KRUGMAN, P., COOPER, R. et SRINIVASAN, T. (1995). Growing world trade : causes and consequences. *Brookings Papers on Economic Activity*, 1:327–377.

- KULENDRAN, N. et WONG, K. F. (2005). Modeling seasonality in tourism forecasting. *Journal of Travel Research*, 44:163–170.
- LAPERRIÈRE, V. (2009). *Apport de la modélisation individu-centré spatialement explicite à la compréhension de l'expression d'une maladie transmissible : le cas de la peste bubonique à Madagascar*. Thèse de doctorat, Université de Pau et des Pays de l'Adour.
- LAURI, A. (2006). Does money make the world go round ? The journey of Euro banknotes and coins as a diffusion process. In *The 1st European Conference on Science, Art and Technology in the Service of Man*, Helsinki.
- LE BRETON, E. (2006). Homo mobilis. In BONNET, M. et AUBERTEL, P., éditeurs : *La ville aux limites de la mobilité*, Sciences sociales et sociétés, pages 23–31. PUF.
- LE LAN, R. (2009). Enquêtes ménages : vers la fin de la baisse des taux de réponse ? *Courrier des statistiques*, 128:33–41.
- LE TEXIER, M. (2011a). Euros en poche, mobilités en pratique. Enjeux méthodologiques. In 1ères Doctoriales de la CHAIRE UNESCO TOURISME, Culture, D., éditeur : *Le Tourisme : Concepts et Méthodes à la Croisée des Disciplines*.
- LE TEXIER, M. (2011b). La pièce euro comme marqueur de mobilités transnationales. In *Actes des Dixièmes rencontres ThéoQuant*, page 11, Besançon, France.
- LE TEXIER, M. et CARUSO, G. (2014). Aggregate and disaggregate dynamic spatial interaction approaches to modelling coins diffusion. In *Innovations in Urban and Regional Systems Research- Contributions from GIS&T, Spatial Analysis and Location Modeling*. Springer's Advances in Spatial Science Series.
- LECHEVALIER, S. (1998). Une introduction à l'économétrie des séries temporelles. *La revue des sciences économiques et sociales*, 13:45–51.
- LEE, R. (2009). Integration. In GREGORY, D., JOHNSTON, R., PRATT, G., WATTS, M. et WHATMORE, S., éditeurs : *The Dictionary of Human Geography*. Wiley-Blackwell, Chichester.
- LERIN, P. M., YAMAMOTO, D. et TAKAHASHI, N. (2011). *Proceedings of the 10th international conference on Web and wireless geographical information systems*, chapitre Inferring and Focusing Areas of Interest from GPS Traces, pages 176–187. Springer-Verlag.
- LERMAN, S. (1979). The Use of Disaggregate Coice Models in Semi-Markov Process Models of Trip Chaining Behaviour. *Transportation Science*, 13:273–291.

- LORD, S. et GERBER, P. (2010). Métropolisation et mobilité résidentielle au Luxembourg : la frontière, catalyseur de périurbanisation et de polarisation sociale ? CEPS Instead Working Paper. 32 pages.
- LÖSCH, A. (1940). *Die Räumliche Ordnung der Wirtschaft*. Jena : Gustav Fischer.
- LUSSAULT, M. et STOCK, M. (2003). Mobilité. In LÉVY, J. et LUSSAULT, M., éditeurs : *Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés*. Belin, Paris.
- LÉVY, J. et LUSSAULT, M. D. (2003). *Dictionnaire de géographie et de l'espace des sociétés*. Belin.
- MADELIN, M., GRASLAND, C., MATHIAN, H., SANDERS, L. et VINCENT, J. (2009). Das 'MAUP' : Modifiable Areal Unit - Problem oder Fortschritt ? *Informationen zur Raumentwicklung*, 10/11:645–660.
- MALLETT, W. J. (2001). Long-distance travel by low-income households. Transportation Research E-circular Number E-C026. Transportation research board. Washington D.C.
- MANSFIELD, E. et HENSLEY, C. (1960). The Logistic process : Tables of the stochastic epidemic curve and applications. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 22 (2):332–337.
- MARX, K. (1859). *Contribution à la critique de l'économie politique. Le Capital*.
- MASOOD, M. (2012). New evidence on development and cultural trade : Diversification, reconcentration and domination. Document de travail.
- MATZNETTER, W. (2010). Guest editorial. *Belgeo - Revue belge de géographie*, 4:345–350.
- METCALF, W. (2013). Introduction. In *The Oxford Handbook of the Greek and Roman Coinage*, pages 3–11. Oxford University Press.
- MILLER, H. J. (2004). A measurement theory for Time Geography. *Geographical Analysis*, 37 (1):17–45.
- MINAUD, G. (2005). *La comptabilité à Rome. Essai d'histoire économique sur la pensée comptable commerciale et privée dans le monde antique*. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne.
- MIRIGAY, S. et MOREAU, J. (2010). La qualité de la circulation des billets. Un rôle essentiel de la Banque centrale. *Bulletin de la Banque de France*, 179:65–74.

- MOISIL, D. (2002). The Danube Limes and the Barbaricum (248-498 A.D.). A Study in coin circulation. *Histoire & mesure*, 17(3):79–120.
- MORELLET, O. et Marchal, P. (1997). Extension du réseau T.G.V. et évolution du trafic multimodal. *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, 32:27–34.
- NIJKAMP, P. et REGGIANI, A. (1987). *Contemporary Developments in Quantitative Geography*, chapitre Spatial Interaction and Discrete Choice : Statics and Dynamics. Reidel.
- NIJKAMP, P., RIETVELD, P. et SALOMON, I. (1990). Barriers in spatial interactions and communications. A conceptual exploration. *Annals of Regional Science*, 24 (4):237–252.
- NUNO, J., GRASLAND, C., BLASCO, F., GUÉRIN-PACE, F. et OLARREA, J. (2005). How many coins are you carrying in your pocket ? *Physica A*, 354:432–436.
- OBERLÄNDER-TÂRNOVEANU, E. (2002). La monnaie byzantine des VI-VIIIème siècles au-delà de la frontière du Bas-Danube. Entre politique, économie et diffusion culturelle. *Histoire & mesure*, 17(3):155–196.
- O'KELLY, M. et MILLER, H. J. (1994). The hub network design problem. a review and synthesis. *Journal of Transport Geography*, 2(1):31–40.
- ORCUTT, G. (1957). A new type of socio-economic system. *Review of Economics and Statistics*, 58:773–797.
- ORFEUIL, J.-P. (2010). La mobilité, nouvelle question sociale ? *SociologieS [En ligne]*, Dossier Frontières sociales, frontières culturelles, frontières techniques:1–18. mis en ligne le 27 décembre 2010, consulté le 09 juin 2013. URL : <http://sociologies.revues.org/3321>.
- ORGANISATION DES NATIONS UNIES (2010). Guide pratique pour la conception d'enquêtes sur les ménages. Départements des Affaires Economiques et Sociales.
- ORGANISATION MONDIALE DU TOURISME (2013). Indicateurs touristiques. <http://www.unwto.org/facts/menu.html>. Consulté le 10 juin 2013.
- O'SULLIVAN, D. (2004). Complexity science and human geography. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 29(3):282–295.
- PAN, R. K., KASKI, K. et FORTUNATO, S. (2012). World citation and collaboration networks : uncovering the role of geography in science. *Scientific reports*, 2:1–14.
- PETIT, H. (1985). Le trésor de Maure de Bretagne. Un exemple de la longévité des écus de 6 livres. *Revue numismatique*, 27 (6):176–182.

- PHITHAKKITNUKON, S., HORANONT, T., DI LORENZO, G., SHIBASAKI, R. et RATTI, C. (2010). *Proceedings of the First international conference on Human behavior understanding*, chapitre Activity-Aware Map : Identifying Human Daily Activity Pattern Using Mobile Phone Data, pages 14–25. Springer.
- PICOUET, P. et RENARD, J.-P. (2006). Discontinuités et mutations spatiales. Territoire en mouvement [En ligne], 1. mis en ligne le 01 septembre 2010, consulté le 06 mai 2013.
- PIGNATELLO, S. (1977). Mathematical modeling for management of the quality of circulating currency. Federal Reserve Bank of Philadelphia. 282 pages.
- PISTRE, P. (2012). *Renouveaux des campagnes françaises : Evolutions démographiques, dynamiques spatiales et recompositions sociales*. Thèse de doctorat, Université Paris Diderot (Paris 7). 419 p.
- PORTUGALI, J. (2000). *Self-Organization and the City*. Springer-Verlag, Berlin.
- POULAIN, M. (1981). Contribution à l'analyse spatiale d'une matrice de migration interne. Recherches démographiques. Cahier numéro 3, Cabay, Louvain-la-Neuve, Belgique.
- PRED, A. (1977). The Choreography of Existence : Comments on Hägerstrand's Time-Geography and Its Usefulness. *Economic Geography*, 53 (2):207–221.
- PRIGOGINE, I. et STENGERS, I. (1979). *La nouvelle alliance*. Gallimard, Paris.
- PUEL, G. et ULLMANN, C. (2006). Les noeuds et les liens du réseau Internet : approche géographique, économique et technique. *L'Espace Géographique*, 35(2):97–114.
- PUGA, D. et VENABLES, A. J. (1995). Preferential trading arrangements and industrial location. *Centre for Economic Performance, Discussion Paper No. 267*, page 28.
- PUMAIN, D. (1998). Les modèles d'auto-organisation et le changement urbain. *Cahiers de Géographie de Québec*, 42 (117):349–366.
- PUMAIN, D. (2003). Une approche de la complexité en géographie. *Géocarrefour*, 78(1):25–31.
- PUMAIN, D., BRETAGNOLLE, A. et DEGORGIE-LAVAGNE, M. (1999). La ville et la croissance urbaine dans l'espace-temps. *Mappemonde*, 55 (3):38–42.
- PUMAIN, D., PAULUS, F. et VACCHIANI-MARCUZZO, C. (2009). *Complexity perspectives on innovation and social change*, volume 7 de *Methodos Series*, chapitre Innovation Cycles and Urban Dynamics, pages 237–260. Springer.

- PUMAIN, D., SANDERS, L. et SAINT-JULIEN, T. (1989). *Villes et auto-organisation*.
- QUIJANO, J. G., PIRON, M. et DROGOUL, A. (2007). Vers une simulation multi-agent de groupes d'individus pour modéliser les mobilités résidentielles intra-urbaines. *Revue internationale de Géomatique/European Journal of GIS and Spatial Analysis*, 17(2): 161–181.
- RAENTO, P., HAMALAINEN, A., IKONEN, H. et MIKKONEN, N. (2004). Striking stories : a political geography of euro coinage. *Political Geography*, 23:929–956.
- RALLET, A. (2006). TIC et commerce : vers de nouvelles formes de mobilité urbaine. In BONNET, M. et AUBERTEL, P., éditeurs : *La ville aux limites de la mobilité*, pages 91–108. Presses Universitaires de France.
- RAPPAPORT, J. (2004). A simple model of city crowdedness. Research Working Paper RWP 04-12, Federal Reserve Bank of Kansas City.
- RATZEL, F. (1987 (première édition 1897)). *La géographie politique - Les concepts fondamentaux*. Fayard.
- RAVENSTEIN, E. (1889). The laws of migration. *Journal of the Royal Statistical Society of London*, 52(2):241–305.
- REECE, R. (2003). *Roman coins and archaeology, Collected papers*, volume 32. MONETA, Wetteren (Belgique).
- REILLY, W. (1929). Methods for the study of retail relationships. *University of Texas Bulletin*, 2944.
- REILLY, W. (1931). *The law of retail gravitation*. New York.
- REITEL, B. et ZANDER, P. (2004). Espace transfrontalier. Hypergé - Encyclopédie électronique de géographie. Consulté le 05 janvier 2012.
- REY-ROCHAN, J. et MARTIN-SEMPERE, M. (2004). Patterns of the foreign contribution in some domestic vs. international journals on Earth Sciences. *Scientometrics*, 59(1):95–115.
- RHEIN, C. (2002). Intégration sociale, intégration spatiale. *L'Espace Géographique*, 31 (3):193–207.
- RICHARD, Y. et TOBELEM ZANIN, C. (2007). La Russie et l'Europe : une intégration économique encore à venir ? Cybergeog : European Journal of Geography. mis en ligne le 02 octobre 2007, consulté le 14 mai 2013.

- ROSENKOPF, L. et ABRAHAMSON, E. (1999). Modeling Reputational and Information Influences in Threshold Models of Bandwagon Innovation Diffusion. *Computational and Mathematical Organization Theory*, 5:361–384.
- ROSSERA, F. (1990). Discontinuities and barriers in communications. The case of Swiss communities of different language. *Annals of Regional Sciences*, 24:319–336.
- ROTA, F. S. (2007). Cities as nodes of research networks in Europe. In CATTAN, N., éditeur : *Cities and networks in Europe. A critical approach of polycentrism*, pages 125–138. John Libbey Eurotext.
- ROY, J. R. (2004). *Spatial Interaction Modelling : A Regional Science Context*. Springer.
- ROY, J. R. et LESS, P. (1981). On appropriate microstate descriptions in entropy modelling. *Transportation Research B*, 15:85–96.
- ROZENBLAT, C. (2004). Tissus de villes, réseaux et systèmes urbains en Europe, rapport de synthèse. Habilitation à diriger des recherches en géographie, UPV Montpellier III. 191 pages.
- SAGNOL, M. (1988). Simmel Georg, Philosophie de l'argent. *Revue française de sociologie*, 29(4):691–695.
- SAINT-JULIEN, T. (1985). *La diffusion spatiale des innovations*. Reclus.
- SAINT-JULIEN, T. (2001). *Modèles en Analyse Spatiale*, chapitre Processus de diffusion spatiale et modélisations du changement, pages 157–186. Hermès-Lavoisier.
- SANDERS, L. (1995). *Encyclopédie de Géographie*, chapitre Géographie et statistique, pages 255–276. Economica.
- SANDERS, L. (1998). La dynamique d'un système de villes : les apports d'une modélisation par la synergie. *Cahiers de Géographie du Québec*, 42 (117):367–377.
- SANDERS, L. (2007). Objets géographiques et simulation agent, entre thématique et méthodologie. *Revue internationale de Géomatique/European Journal of GIS and Spatial Analysis*, 17(2):135–160.
- SANDERS, L., BROSSIER, P., CHARRE, J. et VANDUICK, R. (1989). *L'analyse des données appliquée à la géographie*. G.I.P. RECLUS.
- SASSEN, S. (1990). *The Mobility of Labor and Capital : A Study in International Investment and Labor*. Cambridge University Press.

- SASSEN, S. (1991). *The Global City*. Princeton, NJ : Princeton University Press.
- SCHELLING, T. C. (1971). Dynamic models of segregation. *The Journal of Mathematical Sociology*, 1(2):143–186.
- SCHERNGELL, T. et BARBER, M. J. (2009). Spatial interaction modelling of cross-region R&D collaborations : empirical evidence from the 5th EU framework programme. *Papers in Regional Science*, 88 (3):531–546.
- SCHLICH, R. et AXHAUSEN, K. W. (2003). Habitual travel behaviour : Evidence from a six-week travel diary. *Transportation*, 30:13–36.
- SCHMITT, C., REY, S., REUILLON, R. et PUMAIN, D. (2013). Half a billion simulations : Evolutionary algorithms and distributed computing for calibrating the simpoplocal geographical model. *submitted to Environment and Planning B*.
- SCHMITZ, F., GUILLAUME, D. et (DIR.), G. P. (2012). La mobilité des frontaliers du Luxembourg : Dynamiques et perspectives. Les cahiers du CEPS Instea. 40 pages.
- SCHWARZ, G. E. (1978). Estimating the dimension of a model. *Annals of Statistics*, 6 (2):461–464.
- SEITZ, F., STOYAN, D. et TÖDTER, K.-H. (2009). Coin migration within the euro area. *Deutsch Bundesbank Discussion Paper Series 1 : Economic Studies*, 27.
- SEITZ, F., STOYAN, D. et TÖDTER, K.-H. (2012). Coin migration and seigniorage within the Euro area. Deutsche Bundesbank.
- SHAKED, I. (1986). Are multinational corporations safer ? *Journal of International Business Studies*, 17(1):83–106.
- SHELLER, M. et URRY, J. (2006). The new mobilities paradigm. *Environment and Planning A*, 38:207–226.
- SHEPPARD, E. (2012). Trade, globalization and uneven developmment : Entanglements of geographical political economy. *Progress in Human Geography*, 36(1):44–71.
- SHNERB, N. M., LOUZOUN, Y., BETTELHEIM, E. et SOLOMON, S. (2000). The importance of being discrete : Life always wins on the surface. In *PNAS (Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America)*, volume 97.
- SIMMEL, G. (1987). *Philosophie de l'argent*. Presses Universitaires de France. Traduit de l'allemand par Sabine Cornille et Philippe Ivernel.

- SOHN, C. (2009). La diffusion des euros au Luxembourg, reflet de la mobilité des hommes. *CEPS/INSTEAD, Vivre au Luxembourg*, 51:2.
- SOHN, C., REITEL, B. et WALTHER, O. (2009). Cross-border metropolitan integration in Europe : the case of Luxembourg, Basel, and Geneva. *Environment and Planning C : Government and Policy*, 27 (5):922–939.
- SOHN, C. et WALTHER, O. (2008). Géographie des activités économiques métropolitaines au Luxembourg. *Population et Territoire*, 14:1–16.
- SOHN, C. et WALTHER, O. (2009). Métropolisation et intégration transfrontalière : le paradoxe luxembourgeois. *Espaces et Sociétés*, 138:51–67.
- SOLÉ, R. V., GAMARRA, J. G. P., GINOVART, M. et LOPEZ, D. (1999). Controlling chaos in ecology : From deterministic to individual-based models. *Bulletin of Mathematical Biology*, 61:1187–1207.
- SOURDEL, D. (1999). *L'Etat impérial des califes abbassides : VIIIe - Xe siècle*. Broché, Paris.
- STANILOV, K. (2012). Space in Agent-Based Models. In HEPPESTALL, A., CROOKS, A., SEE, L. et BATTY, M., éditeurs : *Agent-Based Models of Geographical Systems*, pages 253–271. Springer, New York, NY.
- STEWART, J. (1947). Empirical mathematical rules concerning the distribution and equilibrium of population. *Geographical Review*, 37:461–486.
- STOCK, M. (2005). Les société à individus mobiles : vers un nouveau mode d'habiter ? *EspacesTemps.net*.
- STOCK, M. et DUHAMEL, P. (2005). A practice-based approach to the conceptualisation of geographical mobility. *Belgeo-Revue belge de géographie*, 1-2:59–68.
- STOYAN, D. (2002). Statistical analyses of Euro coin mixing. *Mathematical Spectrum*, 35:50–55.
- STOYAN, D., STOYAN, H. et DÖGE, G. (2004). Statistical analyses and modelling of the mixing process of euros coins in Germany and Europe. *Australian & New Zealand Journal of Statistics*, 46:67–77.
- SULLIVAN, J. (1973). Political correlates of social, economic, and religious diversity in the American States. *The Journal of Politics*, 35(1):70–84.

- TAYLOR, P. J. (1971). Distance Transformation and Distance Decay Functions. *Geographical Analysis*, 3 (3):221–238.
- TAYLOR, P. J. (2004). *World City Network : A Global Urban Analysis*. Routledge.
- TAYLOR, P. J., HOYLER, M., WALKER, D. R. F. et SZEGNER, M. J. (2001). A New Mapping of the World for the New Millennium. *The Geographical Journal*, 167 (3):213–222.
- TERRIER, C. (2006). Flux et afflux de touristes : les instruments de mesure, la géomatématique des flux. *Flux*, 63(3):47–62.
- THIEMANN, C., THEIS, F., GRADY, D., BRUNE, R. et BROCKMANN, D. (2010). The Structure of Borders in a Small World. *PLoS ONE*, 5(11). doi :10.1371/journal.pone.0015422.
- THILL, J.-C. et THOMAS, I. (1987). Toward Conceptualizing Trip-Chaining Behavior : A Review. *Geographical Analysis*, 19(1):1–17.
- TOBLER, W. (1970). A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. *Economic Geography*, 46:234–240.
- TOBLER, W. (1971). A Cappadocian Speculation. *Nature*, 231:39–41.
- TOBLER, W. R. (1969). Geographical Filters and their Inverses. *Geographical Analysis*, 1(3):234–253.
- TOBLER, W. R. (1981). A Model of Geographical Movement. *Geographical Analysis*, 13(1):1–20.
- TODD, E. et LE BRAS, H. (2012). *L'invention de la France. Atlas anthropologique et politique Gallimard*, coll. « NRF Essais », 2012, 517 p., 1ère éd., 1981, ISBN : 978-2-07-013643-8. Gallimard, coll. « NRF Essais », 1ère éd., 1981 édition.
- TOPALOGLOU, L., KALLIORAS, D., MANETOS, P. et PETRAKOS, G. (2005). A border regions typology in the enlarged European Union. *Journal of Borderlands Studies*, 20 (2):67–89.
- TSOTSELIA, M. (2002). Recent Sasanian Coin Findings on the Territory of Georgia. *Histoire & mesure*, 17(3):143–153.
- UJES, D. (2002). Coins of the Macedonian Kingdom in the Interior of Balkans. Their Inflow and Use in the Territory of the Scordisci. *Histoire & mesure*, 17(3):7–41.

- URRY, J. (2000). *Sociology Beyond Societies : Mobilities for the Twenty-first Century*. Routledge.
- VALLÉE, J. (2009). Les disparités spatiales de santé en ville : l'exemple de Vientiane (Laos). *Cybergeo : Revue européenne de géographie [En ligne]*, page 22. document 477, mis en ligne le 23 novembre 2009, consulté le 11 octobre 2013. URL : <http://cybergeo.revues.org/22775>; DOI : 10.4000/cybergeo.22775.
- van BLOKLAND, P., BOOTH, L., HIREMATH, K., HOCHSTENBACH, M., KOOLE, G., POP, S., QUANT, M. et WIROSOETISNO, D. (2002). The Euro Diffusion Project. Proceedings of the 42nd European Study Group with Industry.
- VAN HOUTUM, H. (2000). European perspectives on borderlands. *Journal of Borderlands Studies*, 15 (1):56–83.
- VAN HOUTUM, H. et GIELIS, R. (2006). Elastic Migration : The Case of Dutch Short-distance Transmigrants in Belgian and German Borderlands. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, 97 (2):195–202.
- van OORT, F., BURGER, M. et RASPE, O. (2010). On the economic foundation of the urban network paradigm : Spatial integration, functional integration and economic complementarities within the Dutch Randstad. *Urban Studies*, 47 (4):725–748.
- VANDERCAMMEN, M. (2006). *Marketing*. Perspectives marketing. De Boeck Supérieur.
- VANDERMOTTEN, C. (2002). Les disparités spatiales en Europe et leurs évolutions : 1960-2000. *Cahiers Economiques de Bruxelles*, 45 (4):23–58.
- VICKERMAN, R., SPIEKERMANN, K. et WEGENER, M. (1999). Accessibility and Economic Development in Europe. *Regional Studies*, 33 (1):1–15.
- WAGNER, A.-C. (2007). *Les classes sociales dans la mondialisation*. La Découverte.
- WALTHER, O. (2012). Metropolitan regions and cross-border demographic integration. In SOHN, C., éditeur : *Luxembourg : an emerging cross-border metropolitan region*, page 313. Peter Lang, Brussels.
- WEGENER, M. (2000). *Spatial Models and GIS. New Potential and New Models*, chapitre Spatial Models and GIS, pages 3–20. Taylor and Francis.
- WEIDLICH, W. (2003). Socio-dynamics - a systematic approach to mathematical modelling in the social sciences. *Chaos, Solitons and Fractals*, 18:431–437.

- WEIDLICH, W. et HAAG, G. (1988). *Interregional migration, Dynamic Theory and Comparative Analysis*. Springer Verlag.
- WHITE, R., ENGELEN, G. et ULJEE, I. (1997). The use of constrained cellular automata for high-resolution modelling of urban land use dynamics. *Environment and Planning B*, 24:323–343.
- WHITE, R. W. (1977). Dynamical Central Place Theory. *Geographical Analysis*, 9:226–243.
- WHITE, R. W. (1978). The Simulation of Central Place Dynamics : Two Sector Systems and the Rank Size Rule. *Geographical Analysis*, 10:201–208.
- WHITTLE, P. (1954). On Stationary Processes in the Plane. *Biometrika*, 41:434–449.
- WILLIAMS, A. M. et HALL, M. C. (2000). Tourism and migration : New relationships between production and consumption. *Tourism Geographies*, 2 (1):5–27.
- WILSON, A. (1967). A statistical theory of spatial distribution models. *Transportation Research*, 1:253–269.
- WILSON, A. (1970). *Entropy in Urban and Regional Modelling*. Pion, London.
- WILSON, A. (1971). A family of spatial interaction models, and associated developments. *Environment and Planning A*, 3:1–32.
- WILSON, A. (1981). *Catastrophe theory and bifurcation : Application to Urban and Regional System*. Croom Helm, London.
- WILSON, A. G. (2002). Complex Spatial Systems : Challenges for Modellers. *Mathematical and computer modelling*, 36(3):379–387.
- WOLF, J., GUENSLER, R. et BACHMAN, W. (2001). Elimination of the travel diary : Experiment to derive trip purpose from Global Positioning System travel data. *Transportation research record*, 1768:125–134.
- WORLD TOURISM ORGANIZATION (2012). UNWTO Tourism Highlights.

Liste des tableaux

3.1	Répartition des différentes modalités de réponse à la question sur l'euro par enquête (échantillons redressés)	61
3.2	Comparaison du nombre d'individus enquêtés et du nombre de porte-monnaie ouverts dans les quatre pays d'enquête.	63
3.3	Chiffres clefs sur les enquêtes ESDO (mars 2002 - décembre 2011) après retrait des valeurs extrêmes supérieures.	73
3.4	Exemple : état des pièces en France au 1er janvier 2005	76
3.5	Exemple : composition du porte-monnaie 1	76
3.6	Exemple : composition du porte-monnaie 2	76
3.7	Exemple : composition du porte-monnaie 3	76
3.8	Facteurs de différenciation de la taille et de la composition des porte-monnaie (n = 21 716). Source : ESDO, enquêtes de juin 2002 à décembre 2011.	79
3.9	Différences de stratégies de paiement déclarées selon les catégories socio-territoriales des enquêtés (enquête ESDO de décembre 2011 - 1906 enquêtés)	85
4.1	Statistiques descriptives des variables renseignant sur la composition du porte-monnaie et la date d'enquête (n=21716).	103
4.2	Détermination des facteurs liés au porte-monnaie et au moment d'enquête affectant le plus fortement le nombre de pièces étrangères contenues dans les porte-monnaie (enquêtes ESDO, juin 2002-décembre 2011).	104

4.3	Pouvoir explicatif des variables du modèle structurel : effets du porte-monnaie et de la date d'enquête (n = 21716). Source : ESDO - enquêtes de juin 2002 à décembre 2011.	105
4.4	Effet des variables structurelles : composition du porte-monnaie et date d'enquête (n = 21716). Source : ESDO - enquêtes de juin 2002 à décembre 2011.	106
4.5	Détermination des facteurs de distance aux pays émetteurs affectant le plus fortement le nombre de pièces étrangères contenues dans les porte-monnaie (n = 21716). Source : ESDO, enquêtes de juin 2002 à décembre 2011. . . .	112
4.6	Modèle II : Introduction des distances à la frontière (n = 21716). Source : ESDO - enquêtes de juin 2002 à décembre 2011.	112
4.7	Effets des variables structurelles (porte-monnaie et date d'enquête) et de la proximité aux frontières (n = 21716). Source : ESDO - enquêtes de juin 2002 à décembre 2011.	113
4.8	L'internationalisation au regard des effets temporels (Modèle II). Source : ESDO.	117
4.9	L'internationalisation selon l'origine des pièces (Modèle II). Source : ESDO, enquêtes de juin 2002 à décembre 2011.	122
4.10	Récapitulatif des indicateurs d'internationalisation des porte-monnaie . . .	126
4.11	Hétérogénéité des indicateurs de l'internationalisation des porte-monnaie (test de corrélation de Pearson)	127
4.12	Confrontation du Modèle II aux différents indicateurs d'internationalisation (n=21716). Source : ESDO, enquêtes de juin à décembre 2011.	127
5.1	Détermination des facteurs de localisation affectant le plus fortement l'internationalisation des porte-monnaie (n = 21 716). Source : ESDO, enquêtes de juin 2002 à décembre 2011.	145
5.2	Ajout des variables d'accessibilité et d'attractivité touristique au modèle (Modele III) (n = 21 716). Source : ESDO - enquêtes de juin 2002 à décembre 2011.	146
5.3	Effets de l'accessibilité et de l'attractivité touristique sur les facteurs d'internationalisation (n=21 716). Source : ESDO, enquêtes de juin à décembre 2011.	148
5.4	Comparaison de l'internationalisation des porte-monnaie selon l'accessibilité et l'attractivité touristique du lieu de vie du porteur.	149

5.5	Répartition des enquêtés selon les croisements entre variables socio-démographiques créées. Source : ESDO, enquêtes de juin à décembre 2011.	151
5.6	Détermination des facteurs individuels affectant le plus fortement l'internationalisation des porte-monnaie (n = 21716). Source : ESDO, enquêtes de juin 2002 à décembre 2011.	151
5.7	Ajout des variables caractérisant les porteurs au modèle (Modele IV) (n = 21 716). Source : ESDO, enquêtes de juin 2002 à décembre 2011.	152
5.8	Effets des caractéristiques socio-démographiques du porteur sur les facteurs d'internationalisation (n=21716). Source : ESDO, enquêtes de juin à décembre 2011.	153
5.9	Comparaison de l'internationalisation des porte-monnaie selon les caractéristiques socio-démographiques du porteur.	155
5.10	Combinaison des facteurs d'accessibilité, d'attractivité touristique et individuels affectant l'internationalisation des porte-monnaie (n = 21 716). Source : ESDO, enquêtes de juin 2002 à décembre 2011.	157
5.11	Pouvoir explicatif des variables structurelles, territoriales et socio-démographiques (Modèle V) (n = 21716). Source : ESDO, enquêtes de juin 2002 à décembre 2011.	158
5.12	Effets des caractéristiques structurelles, territoriales et socio-démographiques du porteur sur les facteurs d'internationalisation (n=21716). Source : ESDO, enquêtes de juin à décembre 2011.	160
5.13	Emploi métropolitain selon les secteurs dans les unités urbaines luxembourgeoises en 2005 (source : Sohn et Walther (2008, p.9)).	163
5.14	Caractéristiques cantonales : nombre d'enquêtés de mars à août 2006, population en 2001 et travail frontalier en 2007. Sources : CEPS-Instead (enquête PSELL-3), Statec (recensement de la population), Administration des Contributions Directes.	167
5.15	Caractéristiques communales : nombre d'enquêtés de mars à août 2006, population en 2001 et travail frontalier en 2007. Sources : CEPS-Instead (enquête PSELL-3), Statec (recensement de la population), Administration des Contributions Directes.	168
6.1	Calibrage des quatre modèles de simulation de la diffusion des euros étrangers en France et français dans le reste de la zone euro à partir des valeurs empiriques	210

7.1	Caractéristiques de la population des unités territoriales allemandes, belges, françaises, luxembourgeoises et hollandaises du modèle de simulation. . . .	223
7.2	Différentiels de durée de convergence vers le mélange parfait (t^*) par région et par type de système spatial	228
7.3	Écarts de l'incertitude (variabilité des résultats liée à l'aléa) entourant le modèle de simulation de la diffusion des euros entre les différents systèmes spatiaux.	232
7.4	Intensité et significativité des relations entre paramètres d'entrée et de sortie du modèle de simulation selon le degré de réalisme du système spatial .	236
7.5	Présentation des données d'enquêtes utilisées pour le calibrage du modèle de simulation de la diffusion des euros étrangers dans les régions du Nord-Ouest européen.	238
A.1	Répartition des échantillons (redressés) avant et après retrait des personnes n'ayant pas ouvert leur porte-monnaie. Enquêtes ESDO, 30 963 personnes interrogées, 22 512 répondants à l'ESDO.	262

Table des figures

1	Pièces de monnaie et affirmation de l'appartenance européenne. (Source : http ://www.ecb.europa.eu/)	xvii
2	Cheminement de la thèse et objets spécifiques aux différents chapitres. . .	xxi
3	Diffusion des euros étrangers en France (proportion de pièces étrangères dans les porte-monnaie). Source : Grasland <i>et al.</i> (2012, p.2).	4
4	Les euros des pays frontaliers en décembre 2011 (poids relatif dans le total des euros étrangers). Source : Grasland <i>et al.</i> (2012, p.4).	4
5	Diffusion des pièces étrangères en France selon leur valeur de mars 2002 à décembre 2011. Source : Grasland <i>et al.</i> (2012, p.2).	5
1.1	Répartition des différentes valeurs de pièces mises en circulation au 1er janvier 2002. Source : Commission des Communautés Européennes (2003, p.9).	11
1.2	Evolution tendancielle du soutien des européens en faveur d'une union économique et monétaire avec l'euro comme monnaie unique. Source : Commission Européenne (2012, p.15).	13
1.3	Essai de synthèse des mécanismes élémentaires d'intégration transfrontalière. Source : De Boe <i>et al.</i> (1999).	15
1.4	La mobilité des personnes dans l'espace et dans le temps. Source : (Bell et Ward 2000).	20
1.5	Schéma des systèmes spatio-temporels à l'origine de la circulation des pièces euro de part et d'autre des frontières	21

2.1	Denier à l'effigie de Septime Sévère datant de 198-200 ap. J.-C.. Le droit (à gauche) représente la tête laurée de l'empereur. Sur le revers (à droite) est représentée la déesse romaine Juno Moneta (qui donne son origine au terme « Monnaie ») assise tenant une balance et une corne d'abondance.	30
2.2	Monnaie de Métaponte (droit à gauche et revers à droite) datant de 500-480 av. J.-C. représentant un épi de blé à 7 grains : la Sicile était un des greniers à blés du monde grec.	31
2.3	Représentation du prisme spatio-temporel des mouvements ayant conduits à l'enfouissement des trouvailles	35
2.4	Nombre de <i>solidi</i> du Ve siècle par année de règne découverts à Öland, Gotland et Bornholm (Suède). Source : Chameroy (2002, p.53)	40
2.5	Schématisation de mobilités individuelles à l'origine de la circulation des pièces (d'après C. Grasland et F. Guérin-Pace, 2004).	44
2.6	Mouvements aléatoires ordinaires et vols de Lévy (Source : Brockmann et Hufnagel (2007, p.114))	48
3.1	Extrait de la page d'accueil du site <i>Geocaching</i> (Source : www.geocaching.com/ , consulté le 14 décembre 2012	55
3.2	Evolution du taux de participation à l'enquête <i>Eurodiffusie</i> depuis la mise en circulation de l'euro (source : www.eurodiffusie.nl/)	57
3.3	Répartition temporelle de l'ensemble des enquêtes mobilisées dans ce travail portant sur la composition des porte-monnaie en France, en Belgique, en Allemagne et au Luxembourg.	58
3.4	Répartition des communes enquêtées par vague dans l'espace métropolitain français (Enquêtes ESDO, mars 2002 - décembre 2011).	65
3.5	Localisation par commune des individus et pharmacies enquêtés au Luxembourg	69
3.6	Comparaison du degré de pénétration des pièces luxembourgeoises, allemandes, belges et françaises dans les porte-monnaie (mai-août 2006) et les tiroirs-caisses de pharmacies luxembourgeoises (mai-juin 2010)	70
3.7	Courbe de fréquence de la taille des porte-monnaie par vague (enquêtes ESDO : mars 2002 - décembre 2011)	72
3.8	Evolution de la proportion de pièces étrangères par valeur dans les porte-monnaie français de mars 2002 à décembre 2011.	75

3.9	Représentation en boîtes à moustaches de la distribution du nombre de pièces dans les porte-monnaie selon la date d'enquête, l'âge et le sexe du porteur, la taille de son agglomération de résidence et son appartenance régionale.	80
3.10	Représentation en boîtes à moustaches de la distribution du pourcentage de pièces de 1 et 2 cents dans les porte-monnaie selon la date d'enquête, l'âge et le sexe du porteur, la taille de son agglomération de résidence et son appartenance régionale.	81
3.11	Variations des caractéristiques des porte-monnaie selon les régions européennes : France (mars 2002 à décembre 2011), Belgique (décembre 2003), Allemagne (décembre 2005) et Luxembourg (mars-août 2006).	83
3.12	Les facteurs supposés de la présence d'euros étrangers dans les porte-monnaie.	95
4.1	Saisonnalité des flux touristiques en Europe : un pic estival marqué. Source : Demunter (2010))	103
4.2	Estimation de la vitesse de diffusion des euros étrangers dans les porte-monnaie par le Modèle I.	107
4.3	Schématisation de l'effet de l'éloignement à un pays émetteur sur l'intensité de la diffusion de pièces euro, selon la forme mathématique d'influence de la distance.	109
4.4	Illustration des effets continu et discret de la distance sur l'internationalisation des porte-monnaie.	109
4.5	Localisation des Migrations Alternantes des Travailleurs Frontaliers. Source : Atlas de la coopération transfrontalière (MOT, 2007)	111
4.6	Estimation de l'intensité de la présence de pièces étrangères dans les porte-monnaie en fonction de l'éloignement de la commune de résidence de l'enquête à une frontière d'un pays de l'EMU par le Modèle II.	114
4.7	Agglomérations transfrontalières « françaises » en 2000 : population totale, population des composantes nationales et morphologie. Source : Reitel, 2007 (page 7)	120
4.8	La diffusion des pièces étrangères dans l'espace et dans le temps.	129
5.1	Illustration de l'antagonisme des messages publicitaires visant l'attractivité métropolitaine ou touristique des territoires.	135

5.2	Distribution spatiale des porte-monnaie sur- et sous-internationalisés en France (juin 2002 - décembre 2011).	140
5.3	Distribution spatiale des porte-monnaie sur- et sous-internationalisés en Ile-de-France (juin 2002 - décembre 2011).	142
5.4	Distribution spatiale des porte-monnaie sur- et sous-internationalisés en France (juin 2002 - décembre 2011) une fois pris en compte les effets du porte-monnaie, du moment d'enquête, des territoires de résidence des porteurs et de leurs caractéristiques socio-démographiques.	161
5.5	Densité de frontaliers vers le Luxembourg au lieu de résidence en 2010. Source : Schmitz <i>et al.</i> (2012, p.9).	164
5.6	Répartition spatiale et appartenance territoriale des porte-monnaie observés dans l'enquête PSELL-3 (Luxembourg, mai-août 2006).	165
5.7	Histogramme des valeurs propres de l'AFC portant sur les différentiels de présence des pièces euro entre cantons luxembourgeois.	169
5.8	Principales différenciations entre cantons luxembourgeois au regard des répartitions monétaires (pièces euro).	170
5.9	Histogramme des valeurs propres de l'AFC portant sur les différentiels de présence des pièces euro entre communes luxembourgeoises (communes où plus de 30 porte-monnaie ont été observés entre mars et août 2006 dans les enquêtes PSELL-3 du CEPS-Instead).	171
5.10	Principales différenciations entre communes luxembourgeoises au regard des répartitions monétaires (communes où plus de 30 porte-monnaie ont été observés entre mars et août 2006 dans les enquêtes PSELL-3 du CEPS-Instead).	172
5.11	Carte-schéma des types d'inscription spatiale des relations internationales en France et au Luxembourg	176
6.1	Trajectoires de mobilité et interactions monétaires spatio-temporelles dans le modèle <i>I</i>	195
6.2	Trajectoires de mobilité et interactions monétaires spatio-temporelles dans le modèle <i>II</i>	198
6.3	Trajectoires de mobilité et interactions monétaires spatio-temporelles dans les modèles <i>IIIa</i> et <i>IIIb</i>	201
6.4	Évolution du mélange de pièces (β_a) au cours du temps pour les quatre modèles.	203

6.5	Évolution du mélange de pièces (β_a) au cours du temps - analyses de Monte-Carlo pour les modèles <i>IIIa</i> and <i>IIIb</i>	204
6.6	Sensibilité de l'état du mélange à l'équilibre (β_a^*) aux changements de ratios de population et de taux de mobilité.	206
6.7	Sensibilité du moment de convergence (t^*) aux changements de ratios de population et de taux de mobilité.	207
6.8	Ajustement des courbes de diffusion simulées aux observations empiriques.	209
7.1	Évolution conjointe du niveau de hiérarchie (h) des populations et de la topologie dans un système à trois régions.	219
7.2	Emboîtement hiérarchique des régions dans un environnement Löschien selon le principe d'organisation.	221
7.3	Distributions spatiales des populations régionales et des attributs touristiques dans le modèle de simulation représentant le Nord-Ouest de la zone euro.	223
7.4	Distributions spatiales des valeurs régionales de la vitesse de convergence vers le mélange parfait (t_i^*) dans les différents systèmes spatiaux.	230
7.5	Distributions spatiales des valeurs régionales de la sensibilité à l'aléa (σ_i) dans les différents systèmes.	234
7.6	Sensibilité du terme d'erreur (Err) aux valeurs du taux de mobilité μ et du paramètre de pondération de la population (β).	240
7.7	Variabilité temporelle des erreurs d'estimation des répartitions des différentes origines de pièces par région.	242
7.8	Variabilité spatiale des erreurs d'estimation des répartitions des différentes origines de pièces par région.	243
7.9	Distribution spatiale des erreurs d'estimation des indices d'internationalisation des pièces par régions.	245
7.10	Disparités régionales de la vitesse de convergence vers l'équilibre et le mélange parfait des pièces étrangères.	247
7.11	Les traces monétaires des mobilités individuelles : reflet de l'intégration des territoires.	249
B.1	Distribution de fréquence des indices d'internationalisation définis à l'échelle des porte-monnaie ($n=21716$). Source : ESDO, enquêtes de juin à décembre 2011.	266

C.1	Comportements des résidus selon les variables structurelles (Modèle I). . .	270
C.2	Diagnostics des résidus du modèle avec distance aux frontières	272
D.1	Localisation des communes de résidence des porteurs de monnaie en France (enquêtes ESDO de juin 2002 à décembre 2011)	274
D.2	Polarisation sociale en Ile-de-France en 1999 et 2007 (Fleury <i>et al.</i> 2012) .	275
D.3	Cartographie lissée de la densité de population en France métropolitaine en 2006. Source : Insee, 2006	280
F.1	Sensibilité du terme d'erreur (<i>Err</i>) aux valeurs du taux de mobilité (μ) et du paramètre de pondération de la population (β).	285
F.2	Variabilité temporelle des erreurs d'estimation des répartitions des diffé- rentes origines de pièces par région.	285
F.3	Cartographie des erreurs moyennes de spécification de la répartition des pièces.	286
F.4	Sensibilité du terme d'erreur (<i>Err</i>) aux valeurs du taux de mobilité (μ) et du paramètre de pondération de la population (β).	286
F.5	Variabilité temporelle des erreurs d'estimation des répartitions des diffé- rentes origines de pièces par région.	287
F.6	Cartographie des erreurs moyennes de spécification de la répartition des pièces.	287

Résumé

Depuis près d'un siècle, la circulation monétaire est utilisée par les historiens comme un indicateur de la mise en relation des hommes à travers l'espace et le temps. L'entrée en circulation d'une monnaie unique, l'euro, dans 12 pays européens au 1er janvier 2002 offre la possibilité de retracer les chemins de la mobilité internationale au sein de cet espace. Cette thèse propose de rendre compte des relations banales et spécifiques nouées entre territoires européens à partir de l'analyse des traces complexes formées par la répartition monétaire. La démarche prend appui sur la définition d'un modèle conceptuel permettant de formaliser de façon précise l'internationalisation des flux échangés entre un couple de lieux en un temps donné. Par le biais d'une modélisation empirique, elle met ensuite en correspondance l'intensité, la diversité et la portée de la circulation monétaire d'une part, et les formes de mobilités internationales de l'autre. L'approche hypothético-déductive mise en œuvre se fonde sur l'étude du contenu de plus de 20 000 porte-monnaie enquêtés en France entre juin 2002 et décembre 2011. Une étude de cas sur le Luxembourg permet d'observer ces traces de la mobilité internationale à une échelle spatiale fine. Ces analyses mettent en évidence des facteurs mécaniques de la diffusion des pièces étrangères, ainsi qu'une série d'effets spatiaux, territoriaux et sociaux. Ces derniers sont ensuite intégrés à un modèle de simulation individu-centrée. Cette dernière étape d'analyse permet de tester les interactions possibles entre les différents facteurs de mobilité des pièces au sein d'un formalisme dynamique et multiniveau. La thèse conclut à l'opérabilité de l'analyse de la circulation monétaire pour appréhender, analyser et différencier les chemins et motifs de la mobilité internationale en Europe à différentes échelles.

Mots clefs : Europe, circulation, mobilité individuelle, pièces euro, internationalisation, intégration européenne, interaction sociale territorialisée ; causalité, diffusion, dynamisme, échelles, structures spatiale ; analyse spatiale, modélisation, économétrie, simulation.

Abstract

Over the last century, the circulation of money has been used by historians as an indicator of the relationships between people across space and time. The introduction of a single currency, the euro, on January 1, 2002 in 12 European countries offers the opportunity to trace the paths of international mobility in that part of the world. This thesis aims to provide an account of the relations – specific and banal - established between European territories from the analyses of the complex shapes formed by the monetary distribution. The approach is based on the design of a conceptual model formalising the internationalisation of flows exchanged between places in a specified time period. The intensity, diversity and scope of monetary circulation are then matched to diverse forms of international mobility through empirical modelling. This hypothetico-deductive approach is based on the study of more than 20,000 money-bags surveyed in France between June 2002 and December 2011. A case study on Luxembourg allows for observing these traces of international mobility at a finer spatial scale. These analyses reveal a series of factors influencing the spread of foreign coins that fall into three categories: spatio-temporal, territorial and social effects. Finally, an individual-based simulation model is built to study the possible interactions between the different factors in a dynamic and multilevel framework. The thesis concludes that the analysis of money circulation is an accurate way to understand, analyse and differentiate the patterns of international mobility in Europe at different scales.

Keywords: Europe, circulation, individual mobility, euro coins, internationalisation, European integration, territorialised social interaction ; causality, diffusion, dynamism, scales, spatial structures ; spatial analysis, modelling, econometrics, simulation.