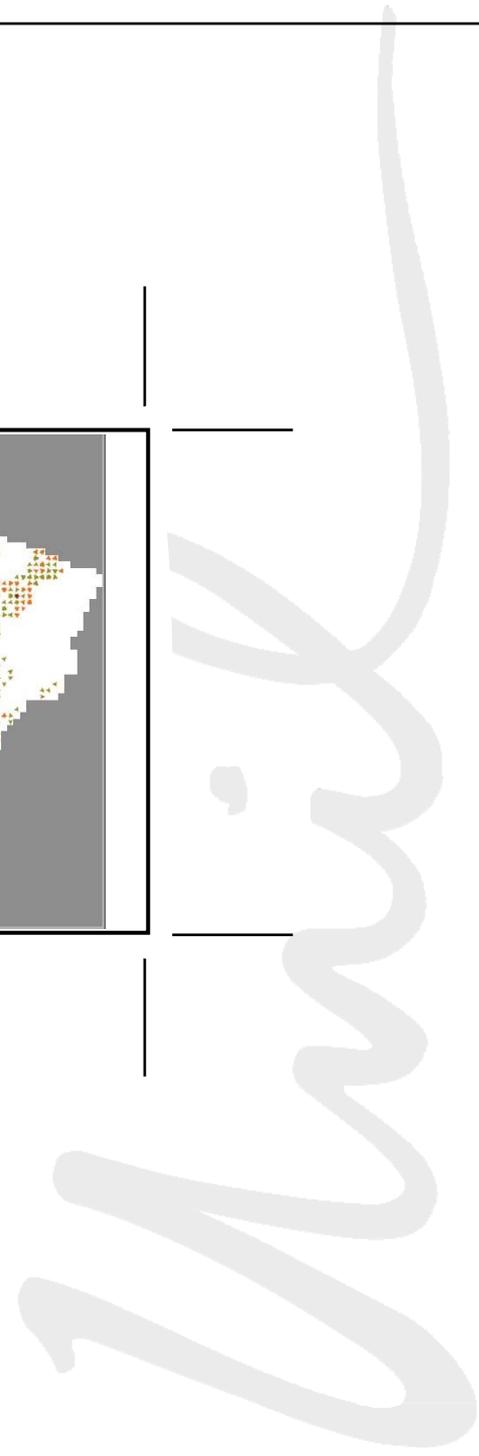
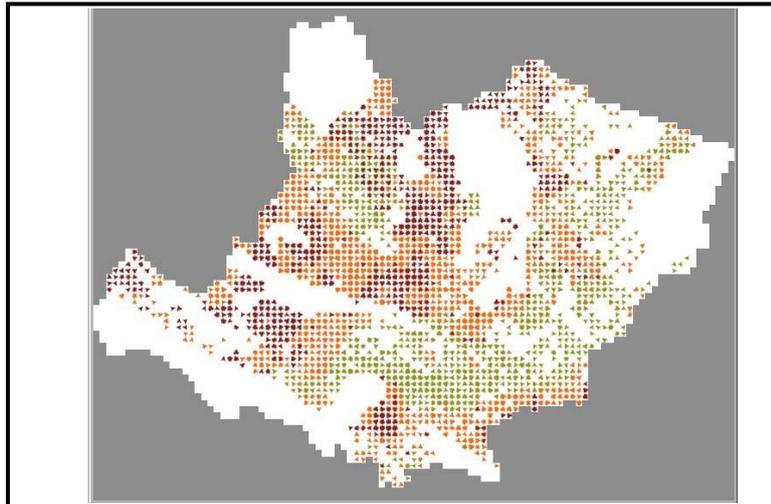


Les futurs possibles de Lausanne: essais de simulation urbaine de ségrégations socio-spatiales

Noé Steppacher

Sous la direction du Prof. Céline Rozenblat



Résumé Court

Cette recherche réunit une base théorique et conceptuelle établie de longue date sur des dynamiques socio-spatiales urbaines, des outils d'analyses informatiques, des méthodes de scénario et une vision prospective ainsi qu'un système de simulation capable de réunir ces éléments, les traiter et générer des évolutions possibles. L'analyse de ces résultats de simulations permet d'aborder la société et les systèmes urbains de manière originale grâce à de nouvelles pistes de réflexions.

Résumé Long

Appréhender des dynamiques urbaines, par exemple des processus sociaux tels que la ségrégation, est un domaine classique de la géographie et s'effectue sur des domaines différents, à l'aide d'outils qui ont varié avec le temps et les paradigmes. À l'heure où les outils informatiques deviennent omniprésents, leur utilisation permet de nouvelles approches. Non seulement, ils permettent des analyses jusqu'alors impossibles à mener en raison de l'ampleur des données à synthétiser, mais ils offrent également la possibilité d'effectuer des projections complexes des évolutions des systèmes analysés. Mieux connue sous le terme de prospective, la capacité à s'interroger sur les possibles modifications d'un système, par exemple une ville, s'est enrichie du potentiel des outils informatiques. Cette combinaison d'une méthode et d'un outil a été mise à contribution pour questionner l'avenir de la ville de Lausanne, notamment en raison des bouleversements urbanistiques que la ville pourrait connaître à l'avenir avec la réalisation d'un projet de grande ampleur, le projet « Métamorphose ».

En partant d'une théorisation et d'une conceptualisation de processus sociaux et de dynamiques économiques, des données réelles ont été introduites dans un modèle de simulation. Il s'agit bien évidemment d'un exercice profondément théorique qui n'a pas de visée normative : les résultats sont valables pour les modèles de simulation mais les tendances générales et les conclusions peuvent parfaitement être extrapolées et généralisées aux conditions « réelles ». La méthode est constituée par la modification de règles et la calibration de paramètres ce qui génère des scénarios : introduits dans cette «maquette électronique», ceux-ci permettent de s'interroger sur la manière dont pourrait évoluer un système dans lequel la modification d'une seule de ses composantes peut entraîner son bouleversement tout entier. Quel futur est-il possible d'entrevoir? Quelles peuvent être, demain, les conséquences des choix effectués aujourd'hui? Si les réponses ne peuvent être définitives, les systèmes de simulation offrent la possibilité d'initier ces réflexions sous un angle original et novateur.

Mots-clés

Géographie urbaine / groupes sociaux / valeurs foncières / classes sociales / ségrégation / systèmes informatiques / simulations informatiques / analyses spatiales / prospective / scénarios / aide à la décision / politiques publiques

Title : The possible future of Lausanne: simulation tests of urban socio-spatial segregation

Abstract

Understanding of urban dynamics, such as social processes as segregation, is a classic field of geography and occurs on different domains, using tools that have changed over time and paradigms. At a time when IT tools are becoming ubiquitous, their use enables new approaches. Not only do they allow analyzes that were previously impossible to conduct because of the magnitude of data to synthesize, but they also offer the ability to perform complex projections of changes in the analyzed system. Better known under the term prospective, that ability to question the possible change of the system, such as a city, has expanded the potential of IT tools. This combination of a method and a tool has been mixed up in order to question the future of the city of Lausanne, in particular because of urban upheaval that the city could face in the future with the implementation of a project large extent, the Metamorphosis project.

Starting with a theory and a conceptualization of social processes and economic dynamics, real data were implemented into a simulation model. This is obviously a deeply theoretical exercise, not intended to be prescriptive: the results are valid for simulation models, but general trends and conclusions may be extrapolated and generalized to "real" conditions. The method consists of changing rules and calibration parameters which generates scenarios: introduced in this "electronic model", they raise questions about how could evolve a system in which the modification of one of its components can lead his entire upheaval. Whither is it possible to glimpse? What could be tomorrow, the consequences of the choices made today? If the answers cannot be definitive, simulation systems provide the ability to initiate these discussions in an original and innovative way.

Remerciements

Je tiens à remercier Madame Céline Rozenblat pour son aide précieuse, ses conseils avisés et son soutien permanent. Une collaboration de plus de deux ans a permis à un projet un peu fou de devenir un sujet de recherche foisonnant et inextinguible. Il aura d'ailleurs fallu bien des efforts pour limiter le flot...

Un immense « Merci » à Marianne, ma maman, qui a donné sans compter de son temps et de son énergie lors de cette douloureuse étape qu'est la correction et la mise en page.

Merci à celle qui partage ma vie et que j'aime de tout mon cœur, Sophie, sans qui j'aurais craqué depuis longtemps et grâce à qui j'ai pu me permettre de prolonger encore mes études et réaliser cette ultime recherche.

Merci à Catherine pour des discussions toujours utiles.

Merci à tous ceux que j'aurais oubliés

Et promis, il n'y en aura pas un troisième...

Table des matières

Introduction	11
Partie I Le système socio-spatial de la ville d'aujourd'hui.....	13
1.La ville entre ségrégation sociale, dynamiques foncières13	
1.1. Modalités de la répartition socio-spatiale de la population dans un milieu urbain: entre préférences individuelles et externalités sociales	13
1.1.1. L'identité d'un groupe ou d'un individu: un mélange entre statut socio-économique, origine culturelle et profil physiologique.....	14
1.1.2. Les facteurs de regroupement: la communication intergroupe et les externalités positives.....	19
1.1.3. Les processus d'écartement et les formes induites en ville	22
1.1.4. Processus sociaux à prendre en compte dans un modèle de simulation de l'évolution d'une ville.....	24
1.2. Rente foncière	26
1.2.1. Champ urbain et voisinage.....	27
1.2.2. Les acteurs du marché foncier	31
1.2.3. Les facteurs endogènes et exogènes.....	33
1.2.4. Acteurs et facteurs économiques des transformations urbaines intégrés dans le modèle de simulation	34
1.3. Gouvernance publique	35
1.3.1. Historique des politiques publiques dans le domaine du logement.....	35
1.3.2. Les conséquences socio-spatiales des politiques du logement.....	37
1.3.3. Acteurs et jeu d'acteurs au sein des pouvoirs publics: vers une gouvernance urbaine?	39
1.3.4. De la nécessité de créer des outils d'évaluation et d' « expérimentation » des politiques.....	40
1.3.5. Les outils de simulation pour évaluer et expérimenter les politiques du logement	41
1.3.6. L'intégration des politiques publiques dans une analyse urbaine	42
2.Intégrer des dynamiques socio-spatiales et foncières dans une analyse urbaine: les simulations multi-agents comme outil prospectif.	45
2.1. L'analyse de l'évolution socio-spatiale et foncière d'un système urbain: l'apport des simulations	45
2.2. Les perturbations et les évolutions qui peuvent découler des transformations socio-spatiales et foncières d'un système urbain	46

3. Mise en place d'un modèle de simulation à partir d'un cadre empirique	49
3.1. Diagnostic d'un système urbain et définition d'un état initial	50
3.1.1. Les indices et les mesures classiques de la ségrégation	50
3.1.2. Les mesures et indices de ségrégation	52
3.1.3. Les indices et mesures des valeurs foncières	53
3.1.4. L'autocorrélation spatiale	54
3.2. Simulations informatiques: les modèles et leurs usages	56
3.2.1. Automate cellulaire et systèmes multi-agents.....	56
3.2.2. Construction du modèle de simulation : couplage d'un automate cellulaire et d'un système multi-agent	58
3.3. Simulations, prospective et scénarios : trois méthodes réunies pour générer et interpréter des résultats	63
3.3.1. Description générale de la procédure de simulation	63
3.3.2. Les paramètres du modèle.....	66
3.3.3. L'introduction de « l'élément perturbateur » et les scénarios	68
 Partie II. Simulation des dynamiques et analyses des impacts sur l'ensemble de la ville de Lausanne.	69
 4. Les données utilisées pour la simulation	69
4.1. Contexte général : Lausanne, capitale cantonale au cœur d'une des plus grandes agglomérations suisses	70
4.1.1. Les principales dynamiques démographiques et économiques de l'agglomération lausannoise.....	71
4.2. Données du modèle: les quartiers lausannois	75
4.2.1. Les données liées à la population	77
4.2.2. Les données liées aux logements	80
4.2.3. Les données liées aux terrains.....	82
4.2.4. Les principales dynamiques sociales et foncières observables à Lausanne.....	83
4.3. Le projet « Métamorphose »	92
4.3.1. Les données liées à la population	93
4.3.2. Les données liées aux terrains.....	94
 5. Simulation	97
5.1. Scénarios et simulations.....	97
5.2. Méthode d'exploration et évaluation des scénarios.....	98
5.3. Scénarios retenus.....	102
5.4. Valeurs des paramètres.....	103
5.5. Discussion sur les valeurs de paramètres.....	106

6.Analyse des simulations et résultats comparatifs	106
6.1. Scénario A.....	109
6.2. Scénario B.....	120
6.3. Scénario C.....	131
6.4. Scénario D.....	144
6.5. Scénario E.....	153
6.6. Synthèse des scénarios.....	162
Conclusion	167
Bibliographie	173
Table des figures.....	183
Table des Tableaux.....	186

Introduction

L'organisation sociale, les processus économiques ou encore la gestion politique des villes sont des composantes fondamentales qui permettent de comprendre et de caractériser l'organisation spatiale urbaine. Leur évolution au cours du temps, leur transformation et leurs incidences réciproques doivent nous inciter à analyser ces composantes fondamentales comme des dynamiques et des processus systémiques qui agissent sur l'ensemble de la ville et génèrent des formes et des fonctions différentes dans chaque cas et selon chaque contexte.

La géographie urbaine s'attache à démontrer ces forces en présence et de nombreux effets systémiques ont été conceptualisés : gentrification et périurbanisation sont des concepts qui font instinctivement appel aux conséquences foncières et structurelles des villes, tandis que la ségrégation se rattache à des questions d'ordre socio-économique dont les effets sont peut-être moins probants mais tout autant efficaces. Sous la houlette plus ou moins rigoureuse des pouvoirs publics, tenter de démêler les fils de la toile urbaine est donc un sujet toujours d'actualité et encore jamais totalement résolu.

Imaginons alors que nous souhaitons (et c'est d'ailleurs déjà le cas) non seulement imaginer les formes et les structures de demain mais également (voire surtout) les prévoir pour les anticiper. L'ambition peut paraître démesurée mais il s'agit pourtant d'un exercice mené tous les jours et qui a pour but de prévoir (ou prédire pour les plus présomptueux) les besoins en termes d'infrastructures, de logements ou d'emplois.

Notre postulat est qu'il est possible de s'appuyer sur une théorisation de la ville, de son fonctionnement et de ses structures (sociales, économiques, politiques), de les intégrer à deux approches novatrices mais bien conceptualisées, la prospective et les scénarios, et de se munir des outils les plus récents à disposition des chercheurs, les outils informatiques et leur formidable potentiel en terme de calcul et de gestion des données. Le résultat se nomme « simulation » et s'effectue grâce à un « modèle » : la « simulation » est le fonctionnement libre d'un système programmé selon des données, des règles et des paramètres qui sont introduits dans un logiciel, le « modèle », capable de traiter ces éléments, de les appliquer à des « entités » et de générer des interactions entre ces dernières. Les résultats sont des plus remarquables : l'intégration des données permet une concrétisation des théorèmes et la simulation du fonctionnement de ce système. Ainsi, avec un regard critique, une approche méthodique et une problématique précise, les évolutions potentielles qui sont générées par le modèle peuvent être analysées et permettent d'obtenir des réponses fiables et concrètes à des questionnements fondamentaux.

Cette approche méthodologique a donc été appliquée à un cas d'étude réel, le système urbain lausannois. La particularité de l'agglomération vaudoise est d'avoir initié une « métamorphose » de plusieurs quartiers et qui se concrétisera d'ici quelques années. La municipalité, toujours attentive à

concilier des enjeux sociaux à un réalisme économique, s'est toujours attachée à promouvoir la diversité et la mixité sociale. De pair, elle souhaite réaliser des opérations urbanistiques et foncières de grande ampleur dans le cadre du projet « Métamorphose ». Dans ce contexte, nous proposons donc d'intégrer à notre approche mêlant concepts, méthode académique et outils informatiques, des données et des paramètres issus de ce cadre empirique afin de générer des simulations de l'évolution potentielle du système urbain lausannois. À cet égard, les enjeux sont fondamentaux pour l'avenir et l'équilibre social et économique de la capitale vaudoise.

Partie I. Le système socio-spatial de la ville aujourd'hui

1. La ville entre ségrégation sociale et dynamiques foncières

Analyser les dynamiques urbaines liées à des processus d'intégration ou de ségrégation revient à étudier les interrelations entre processus sociaux et processus spatiaux (Brun, 1981, 1994; Grafmeyer, 1994; Grafmeyer et Joseph, 1990). Un espace urbain peut être notamment décomposé du point de vue à la fois spatial et social, ce qui permet de mieux déterminer ses principales dynamiques d'évolution et de développement. Il s'agit ainsi de comprendre dans quelle mesure les différentes parties de la ville vont s'intégrer ou s'opposer les unes aux autres, mais également d'étudier les choix résidentiels et les facteurs qui vont les déterminer voire les contraindre.

En eux-mêmes et de par leurs articulations, les concepts liés à la ségrégation sociale sont constitutifs de processus spatiaux très marqués, d'où l'extension à la thématique et aux concepts de dynamiques socio-spatiales. Ce développement nécessite de comprendre en premier lieu les causes et les conséquences des choix résidentiels des individus ou des groupes au sein d'un espace urbain (1.1). Dans un deuxième temps, il est nécessaire de mettre en rapport ces dynamiques socio-spatiales avec les dynamiques foncières. Ces dernières représentent un enjeu conceptuel majeur en intégrant la réflexion économique nécessaire à la rationalisation de certaines dynamiques sociales (1.2). Nous terminerons ce parcours conceptuel et thématique en situant notre travail dans le domaine des outils liés aux politiques publiques (1.3).

1.1. Modalités de la répartition socio-spatiale de la population dans un milieu urbain: entre préférences individuelles et externalités spatiales

Déterminer la structuration socio-spatiale d'un espace urbain est l'une des approches permettant de caractériser son fonctionnement et ses dynamiques majeures. Ce point de vue socio-spatial est historiquement inspiré par l'approche de l'école de Chicago et part du principe que la ville est un système complexe dans lequel les dynamiques sociales influent sur la configuration spatiale (Grafmeyer et Joseph, 1990; Castells, 1972). Trois principaux groupes de concepts permettent d'analyser ces processus d'intégration ou de ségrégation:

- des concepts liés aux processus sociaux, notamment le concept d'identités (des individus et des groupes) ainsi que l'influence réciproque de l'identité sur l'espace urbain.

- des concepts liés aux processus de regroupement, abordant les principes de communication et de recherche d'externalités sociales positives.
- quant aux processus d'écartement, il s'agit des concepts d'opposition entre les groupes (contre-position), de compétition, et d'externalités sociales négatives.

Ainsi, ces concepts abordent et expliquent les processus socio-spatiaux qui sont à l'œuvre lors de la différenciation des espaces urbains et leurs dynamiques évolutives. En effet, interroger la manière dont les groupes sociaux se forment et se répartissent (1.1.a), définir leurs interrelations (1.1.b) puis finalement établir leurs points de tensions (1.1.c) permet d'établir un état socio-spatial de la ville, étape indispensable pour intégrer différentes formes de villes induites ou encore les cas particuliers auxquels ces processus aboutissent parfois (1.1.d).

1.1.1. L'identité d'un groupe ou d'un individu: un mélange entre statut socio-économique, origine culturelle et profil physiologique

Parler de l'identité ouvre un domaine immense de la sociologie (Bourdieu, 1979, 1993) qui peut être mobilisé en géographie pour établir les influences réciproques entre l'identité et l'espace (Debarbieux, 2006, Guérin-Pace, 2006). Cette approche permet, non seulement d'étudier l'influence de l'identité sur les choix résidentiels, mais également d'observer les influences des espaces de vie sur l'identité et, inversement, l'influence des habitants sur les caractéristiques de leur lieu de résidence. Pour expliciter ces relations, les notions de statut socio-économique, d'origine ethnique ou culturelle et encore de profil physiologique seront employées afin d'obtenir une définition opérationnelle de l'identité d'un individu ou d'un groupe. Ces notions doivent être interrogées dans leurs rapports avec trois différentes définitions d'identité, soit l'identité sociale, personnelle, collective, et replacées dans une réflexion quant à l'existence de «groupes» sociaux aujourd'hui dans les villes suisses.

1.1.1.1. Définition de l'Identité

Définir l'identité conduit à distinguer trois usages du terme. Pour chacune, le statut socio-économique, l'origine ethnique ou culturelle et le profil physiologique s'appliquent et donnent lieu à des variantes:

1. L'identité **sociale** est celle qui est attribuée ou imputée à un individu ou à un groupe afin d'établir sa position dans la société d'après un critère dominant issu des notions précitées: le statut professionnel (ouvriers, cadres), familial (mères, enfants), générationnel (jeunes, aînés) ou encore morphologique (couleur de la peau). Ce type d'identité à un rôle catégoriel et statutaire, elle définit le rôle et le statut de l'individu ou du groupe dans la société. D'un point de vue spatial, cette identité peut également servir à la localisation (le quartier ouvrier) ou déterminer un environnement (les montagnards). (Debarbieux, 2006; Ferréol, 2009).

2. L'identité **personnelle** peut se définir comme la vision lockienne, c'est-à-dire la conscience et la représentation de soi, l'identité subjective (Debarbieux, 2006). Cette définition a été exploitée dans sa dimension spatiale, notamment par la géographie humaniste qui a démontré que l'expérience des lieux joue un rôle lors de la constitution de l'identité personnelle (Yi-Fu Tuan, 1977).

3. L'identité **collective** désigne «*le sentiment et la volonté partagée par plusieurs individus d'appartenir à un même groupe*» (Debarbieux, 2006: 342). Cette définition rejoint celle du sentiment d'appartenance et souligne la démarche active des individus pour adhérer à un groupe. De plus, cette notion de l'identité collective nous semble particulièrement déterminante pour la constitution de l'identité sociale et personnelle. En effet, les critères d'appartenance à un groupe doivent correspondre, dans un premier temps, à certains aspects de ces identités, mais l'identité collective peut influencer, dans un deuxième temps, les caractéristiques de ces dernières (Aebischer, Oberlé, 1990). Dans le cadre de notre définition des concepts liés à l'identité des individus et des groupes, nous nous interrogeons plus particulièrement sur l'appartenance à un groupe liée à un lieu, par exemple l'identification à un voisinage.

Ces différents usages de la notion d'identité se réunissent et s'entremêlent pour constituer l'Identité, avec un «i» majuscule, d'un individu ou un groupe. Chacune de ses identités peut être résumée d'après un critère dominant: il doit être objectif pour l'identité sociale, subjectif pour l'identité personnelle et se référer à un groupe pour l'identité collective. Ces composantes identitaires sont quasiment infinies et diffèrent selon chaque individu, lui conférant son individualité. Toutefois, dans une volonté de synthétisation, nous proposons un regroupement de ces composantes en trois grandes catégories, inspirées par les différentes méthodes et concepts mobilisés par les auteurs traitant de géographie et de sociologie urbaine.

L'une des approches principales, et qui est devenue la plus prolifique, dans les analyses sociologiques des groupes et/ou des individus dans les villes consiste à aborder les aspects **socio-économiques** (Park, Burgess, McKenzie, 1926). Toutefois, d'autres critères sont déterminants pour l'identification ainsi que la localisation des individus et des groupes, car ils introduisent d'autres statuts, typologies et positions dans la société (Brun, 1981; Brun, Rhein, 1994; Tabard, 1993; Prêteceille, 1995, 2004; Madoré, 2004). Nous retenons particulièrement **l'origine ethnique et culturelle** et le **profil physiologique** (âge, sexe, genre). Lorsque nous regroupons les différentes notions de l'identité et que nous les cumulons de leurs composantes fondamentales, nous obtenons un tableau croisé qui démontre les différentes approches mobilisables dans une analyse socio-spatiale (Tab. 1.1)

Tableau 1.1 Les trois notions de l'identité et leurs composantes principales

	Socio-économique	Ethnique Culturelle	Physiologique
Identité sociale			
Identité personnelle			
Identité collective			

Ces notions croisées entre définitions de l'identité et composantes de l'identité permettent d'entrevoir des formes de ségrégations, ou du moins de différenciations sociales, qui se matérialisent spatialement, au sein de la ville. En effet, on peut constater et identifier dans toutes les villes, des individus appartenant à un groupe, par exemple culturel, qui se localisent en fonction de cette identité. Bien qu'une multitude d'approche et de composantes ont été mobilisées dans les recherches (Madoré, 2004), nous avons retenu ces trois catégories (socio-économique, ethnique-culturelle, physiologique) car elles sont particulièrement bien adaptées au contexte suisse (Huissoud, 1999) et peuvent donc être mobilisées dans notre recherche. Finalement, ces notions peuvent être opérationnalisées dans la mesure où elles peuvent être liées à des indicateurs et des mesures permettant de les quantifier et les qualifier.

Dans la mesure où il existe une relation dialectique entre l'identité et l'espace, nous abordons maintenant la manière dont ces interrelations entre identités et espaces urbains peuvent être conceptualisées. À cet égard, nous donnerons également des exemples d'inscriptions des différentes définitions de l'identité et de leurs composantes dans certains espaces urbains.

1.1.1.2. *L'écologie urbaine de l'école de Chicago*

Si l'identité sociale, par exemple, permet de catégoriser un espace (le quartier ouvrier), il est également possible d'établir des indicateurs qualitatifs et quantitatifs afin de caractériser les groupes sociaux suivant l'endroit dans lequel ils vivent. Cette «anthropologie de l'espace» consiste à considérer l'espace comme *«un jeu raffiné de renvois et de correspondances entre les multiples composantes de la nature et de la culture, de l'individu et de la société, jeu à chaque fois original et dont l'originalité qualifie cet espace en le différenciant des autres, fondant et exprimant ainsi l'identité d'un groupe»* (Lévy, Segaud, 1983 : 8).

Cette hypothèse d'une relation d'influence réciproque entre l'homme et son milieu est également connue sous le terme d'écologie urbaine, élaborée notamment par les membres de l'école de Chicago. Selon ses auteurs, cette approche provient directement de l'écologie végétale qui considère

«l'interdépendance ainsi que le rapport de chaque espèce et de chaque individu à son environnement» (McKenzie, 1925: 145). Cette approche est transposée dans un contexte urbain par Park, McKenzie et Burgess qui étudient les liens d'influence réciproque entre la ville et ses habitants: «la ville s'enracine dans les habitudes et les coutumes des gens qui y habitent» (Park, 1925: 82), et inversement, «au fil des années, chaque secteur, chaque quartier de la ville acquiert quelque chose du caractère et des qualités de ses habitants» (Park, 1925: 84). Selon McKenzie, c'est davantage l'environnement social qui importe: «La communauté humaine s'enracine dans la nature de l'homme et dans ses besoins» (McKenzie, 1925: 147).

L'écologie urbaine de l'école de Chicago a également pour but «d'isoler les facteurs qui tendent à produire un groupement ordonné et caractéristique de la population et des institutions dans une aire naturelle d'habitat humain» (Park, 1925: 80), c'est-à-dire de différencier les espaces de la ville suivant les caractéristiques de ses habitants, mais également selon «les convenances et les goûts personnels, les intérêts professionnels et économiques» (Park, 1925: 83). Il est également au centre des préoccupations des sociologues de l'école de Chicago de déterminer dans quelle mesure la structuration sociale influe sur la structure spatiale (Burgess, 1925). L'écologie urbaine factorielle se développera avec l'avènement des techniques quantitatives dans les années 50 (Shevky, William, 1949; Shevky Bell, 1955), mais surtout avec la mise au point de méthodes d'analyse factorielle, dont l'intérêt pour la connaissance de la division sociale de l'espace urbain est incontestable (Sanders, 1989, Madoré, 2004 ; Smith, 2012).

Ainsi, en fonction des contextes et des temporalités, il est important, non seulement de mobiliser plusieurs critères pour caractériser les différents espaces urbains, mais également de prendre en compte les influences réciproques entre les différentes notions d'identités et les caractéristiques de ces espaces.

1.1.1.3. L'apport de l'école de Chicago: les influences réciproques de l'identité et de l'espace

La composante socio-économique est essentielle dans les premiers travaux de l'école de Chicago dans le sens où, selon McKenzie (1921), «la population se répartit selon le statut économique dans des zones de valeurs foncières et immobilières différentes. Les revenus d'une famille tendent à ségréguer la population urbaine en différents quartiers, à peu près comme le prix des billets de théâtre divise l'auditoire en plusieurs niveaux économiquement et socialement différents» (McKenzie, 1921: 215). Ainsi, selon lui, le niveau socio-économique doit être considéré comme le principal vecteur de différenciation entre les individus et, par extension, entre les groupes. Selon notre terminologie, il s'agit donc d'une composante fondamentale de l'identité sociale. Dans la mesure où ce statut – et donc cette identité — joue un rôle de première répartition de la population dans un espace urbain de par la contingence financière, il peut être utilisé comme critère d'identification et de localisation des individus et des groupes (Brun, 1983 ; Brun, Rhein, 1994).

L'analyse des caractéristiques des espaces urbains selon les différentes composantes de l'identité sociale a été une grande tendance, par exemple les composantes économiques et culturelles qui ont été analysées par les auteurs de l'école de Chicago (McKenzie, 1921) ou dans des études qui se sont attachées à analyser les localisations des classes socioprofessionnelles et les liens entre ce statut et les contraintes résidentielles (Park, 1925; Pinçon et Pinçon-Charlot, 1989; Tabard, 1993; Madoré, 2004). Cependant, bien que les caractéristiques d'un lieu ne puissent être uniquement liées au seul statut socio-économique de ses habitants et que la mobilisation d'autres composantes de l'identité sociale serait nécessaire pour caractériser des espaces urbains, complexifier les analyses et leur apporter toutes les nuances nécessaires, nous avons choisi de nous concentrer sur la composante socio-économique. De plus, les analyses urbaines menées en Suisse ont démontré qu'il s'agissait effectivement d'un facteur décisif pour la compréhension des structures et des dynamiques socio-spatiales (Racine, 1986; Huissoud, 1999).

L'identité des individus et des groupes peut «s'imprégner» sur les lieux, mais le processus inverse également. En effet, l'identité d'un lieu peut servir à caractériser et à identifier ses habitants (par exemple, les montagnards) et certains n'hésitent donc pas à considérer l'adresse comme un des facteurs de distinction sociale (Pinçon, Pinçon-Charlot, 1988). À cet égard, définir l'identité sociale d'un individu selon son lieu de résidence peut avoir des conséquences sociales importantes et aboutir à des processus de discrimination et d'exclusion (par exemple sur le marché du travail), dynamique plus connue sous le terme d'effets de quartiers (Friedrichs, Galster, 2003). L'identité d'un lieu est donc fortement corrélée à l'identité de ses habitants, avec dans certains cas particuliers, une identification extrême (code postal utilisé comme emblème par certains groupes. Rérat, 2006; Haegel, 2003).

Nous avons maintenant démontré que les individus ont une identité complexe, composée entre autres de leur statut socio-économique, de leur origine culturelle et ethnique ainsi que de leur statut générationnel. Nous pouvons également établir les mêmes constats pour les groupes. Finalement, nous avons observé que les espaces, notamment urbains, entretiennent un rapport d'influences réciproques avec les individus et les groupes, imprégnant et s'imprégnant des caractéristiques, des modes de vie et des usages des personnes qui les fréquentent. Ces divers concepts établis, nous devons maintenant nous interroger sur les interactions intergroupes et intragroupes toujours dans l'idée d'analyser la manière dont l'espace urbain s'imprègne et imprègne ces interactions.

1.1.2. Les facteurs de regroupement: la communication intergroupe et les externalités positives.

La formation de groupes sociaux dans une ville répond au besoin des individus de se réunir en communauté: *«le critère principal du choix que peut faire un individu en ce qui concerne son lieu de résidence, c'est le désir de vivre avec ses amis ou avec ceux qu'il désire avoir pour amis. C'est pourquoi, dans une ville, il y aura autant de quartiers résidentiels qu'il y a de couches sociales»* (McKenzie, 1921: 216). Cette vision de la société urbaine souligne le besoin de se réunir entre personnes que l'on considère comme proches, besoin qui est jugé comme indissociable du bien-être résidentiel. Certains auteurs précisent ce propos et partent du principe que le regroupement peut être analysé soit comme une recherche d'entre-soi (Clark, 1986), une discrimination (Galster, 1988) ou encore une auto-ségrégation (Ihlanfeldt et Scafidi, 2002). Il est également possible de considérer le communautarisme à l'instar *«des économies d'agglomération pour les entreprises. [...] Certains individus du même groupe choisissent de vivre à proximité l'un de l'autre pour profiter des différentes formes de solidarité et d'entraide (circulation d'informations, services de voisinages)»* (Bouzouina, 2008: 67).

Ici, nous proposons d'étudier les facteurs de regroupement, c'est-à-dire les éléments qui se réfèrent à la «préférence» des individus et des groupes quant à leur localisation dans l'espace urbain. Cette notion est très utilisée en économie (Varian, 1997), mais peut se révéler particulièrement pertinente pour une approche en géographie urbaine. En effet, selon Bouzouina (2008), deux types de préférence, souvent combinés, permettent de comprendre le choix résidentiel:

- la présence d'aménités locales
- les externalités positives des interactions sociales (Bouzouina, 2008: 64).

Les aménités locales sont, entre autres, les caractéristiques de l'espace d'habitat en termes d'équipements ou d'accessibilité par des moyens de transport. Nous nous intéressons plus particulièrement ici aux effets sociaux positifs recherchés lors du choix résidentiel, car nous estimons que la recherche d'une proximité avec un certain groupe social doit être considérée comme un facteur explicatif important. Maurin est même plus radical puisqu'il estime que *«la recherche d'entre-soi semble difficile à confondre avec celle des meilleures infrastructures»* (Maurin, 2004: 31).

1.1.2.1. Communication intergroupe: le fondement du lien, réseau et capital social

R.E Park (1952) utilise le concept de la communication pour expliquer comment se crée le lien social, notamment par la génération d'un mode de vie et d'une vision partagée de la vie en commun: *«la communication est un processus psycho-social qui permet à un individu d'adopter, en un certain sens et jusqu'à un certain point, les attitudes et le point de vue d'un autre»* (Park, 1952: 186).

D'un point de vue plus global, selon Park, la communication joue un rôle fondamental pour l'existence d'une société par la création du lien social: les rapports entre individus et groupes déterminent non seulement la structure et l'organisation sociale de la société, mais également la structure spatiale (Park, 1926). Ce point de vue considérant l'urbanisation comme le résultat du mode d'organisation de la société est récurrent dans les analyses des auteurs de l'école de Chicago (Grafmeyer, Joseph, 1990) et a été largement partagé par les sociologues et les géographes (Castells, 1972).

La communication génère des liens sociaux qui sont eux-mêmes constitutifs du réseau social. Ce concept est fondamental pour le positionnement social et spatial des individus et des groupes, car il est très fortement lié au concept de capital social, c'est-à-dire, selon Bourdieu, *«l'ensemble des ressources actuelles ou potentielles qui sont liées à la possession d'un réseau durable de relations plus ou moins institutionnalisées, d'interconnaissance et d'interreconnaissance»* (Bourdieu, 1980, 2). Largement développé par la sociologie des réseaux sociaux (Granovetter, 2000), le réseau social peut en effet être considéré comme une ressource mobilisable dans certains cas, par exemple lors de la recherche d'un emploi ou la collaboration économique (Bouzouina, 2008; Korsu, Wenglenski, 2008). La communication, le lien et le capital social entretiennent une relation de corrélation positive importante: on parle alors de «capital social public» (Bouzouina, 2008).

En conséquence, le réseau et le capital social jouent un rôle important dans l'intégration socio-économique des individus et des groupes au sein de la société. Il est alors légitime de considérer la recherche de proximité avec ces réseaux comme un argument fort lors du choix résidentiel. Ces différentes notions liées à la communication nous permettent de nous intéresser aux effets spatiaux de cette dernière, à savoir le concept de voisinage.

1.1.2.2. Le voisinage

D'après les théories de l'école de Chicago, le voisinage intègre, de fait, le concept de communication et rejoint les questions liées à l'identité et aux dynamiques de regroupement. En effet, le regroupement en communautés qui génère un voisinage répond au besoin de communiquer et de profiter de la présence d'autrui: *«somme toute, les gens vivent ensemble non parce qu'ils sont semblables, mais parce qu'ils sont utiles les uns aux autres. C'est particulièrement vrai dans les grandes villes où les distances sociales sont maintenues en dépit de la proximité géographique et où chaque communauté a toutes chances d'être composée de gens dont on dira qu'ils vivent ensemble dans des relations que l'on peut décrire moins comme sociales que comme relations de symbiose»* (Park, 1929: 171). Plus prosaïquement, il est possible d'établir que le regroupement se fait pour des raisons d'économies dites d'agglomération, notamment dans les groupes très homogènes, par exemple selon la nationalité ou la culture. Cette recherche d'économies est corroborée par l'analyse d'Anas (2007) sur les quartiers chinois dans les grandes métropoles américaines: *«suppose that members of an ethnic group have a strong taste for sharing a church or temple, preserving customs, trading with each other, borrowing from or lending to each other, speaking their language, teaching it to their children or enjoying each other's company in day-to-day affairs. Then, many costs are*

reduced when a sufficiently large number of individuals, families and businesses locate in a contiguous area, [...] forming a ghetto» (Anas, 2007: 542). Selon lui, le regroupement homogène a également comme avantage de faciliter l'arrivée de nouvelles personnes appartenant à ce groupe et voulant s'installer, car les coûts de transition (entre l'arrivée et la localisation «définitive») sont réduits. Finalement, l'intégration dans un voisinage influe le développement des réseaux personnels et, en conséquence, le statut socio-économique suivant le raisonnement précédent sur le capital social. À cet égard, certaines mesures politiques portent sur cette composante socio-économique du voisinage et visent à réintégrer les populations pauvres dans la société en intégrant leur logement dans un voisinage plus équilibré et plus favorable au développement de réseaux prolifiques (Kleit, Carnegie, 2011).

Ces incidences positives et cette vision du voisinage reposent sur le fait que les relations sont proportionnellement facilitées selon la proximité sociale et spatiale entre les individus. Claval (1995) souligne à ce sujet: *«pour qu'un ensemble dont tous les membres partagent des traits communs [...] cesse d'être une collection d'individualités et se transforme en classe consciente de sa cohésion, de ses préférences et de ses intérêts, il faut (mais il ne suffit pas) que ses membres soient en relation entre eux. Les problèmes de conscience collective sont donc éminemment géographiques»* (Claval, 1995: 57). De plus, la communication et le voisinage permettent aux individus de partager une expérience et de maintenir une vie commune ce qui peut diminuer les clivages entre individus ou groupes. C'est pour cette raison que la question du voisinage est fondamentale pour comprendre le sentiment de satisfaction et donc l'immobilité résidentielle.

De nombreuses études ont été menées afin de déterminer les conditions de création d'un sentiment positif vis-à-vis de son voisinage, notamment lorsqu'il s'agit d'intégrer de nouveaux arrivants. Ainsi, il a été démontré que les contacts et activités quotidiennes façonnent le lien social, renforcent le sentiment de voisinage et facilitent les contacts intergroupes (Wessel, 2009): *« Individuals who live in a context of high immigration but have no contact with these immigrants are likely to be far more threatened than individuals who live in the same context but have established minority friendships »* (Wessel, 2009 in McLaren 2003 : 916). La vision idéale d'une société mixte, aux contacts variés et nombreux, fait néanmoins l'objet de certaines critiques. En effet, le lien de voisinage ne semble toutefois pas se développer de la même manière partout: la diversité n'est pas la seule condition – bien qu'elle soit indispensable — pour multiplier les interactions entre groupes ou membres de groupes différents. De plus, dans certains cas, le voisinage peut prendre des formes plus prononcées de regroupement: l'entre-soi ou le ghetto. Ces nuances sont parfois floues et se rejoignent par le fait qu'il s'agit d'un regroupement volontaire entre individus semblables (Desponds, 2005). Certains critères accentuent l'effet de regroupement, notamment le sentiment d'appartenance. Selon Park, le fait que *«là où des individus de même race et de même profession vivent ensemble dans des groupes ségrégués, le sentiment d'appartenance tend à fusionner avec les antagonismes raciaux et*

les intérêts de classe» ce qui peut entraîner «l'isolement des colonies d'immigrants et des colonies raciales dans les ghettos et les aires de ségrégation» (Park, 1925: 88).

La communication est génératrice de lien et de réseau social et est constitutive du voisinage. Nous avons principalement abordé les aspects favorisant le regroupement et proposé une vision relativement positive des conséquences de liens intergroupes. Il ne faut cependant pas omettre les pendants négatifs qui peuvent survenir lorsque lien social est trop prononcé: l'entre-soi, lorsqu'il tend à surprotéger les acquis du groupe, peut se transformer en action collective protectrice de type «Not-In-My-Back-Yard» (NIMBY). Cette dynamique de groupe peut pousser à refuser de nouvelles constructions, de logements sociaux notamment, susceptibles d'amener de nouvelles populations et de déprécier le cadre de vie. Il s'agit là d'externalités négatives de l'entre-soi qui renforcent la ségrégation spatiale par le biais de mécanismes d'exclusion. Cet exemple introduit les dynamiques de rejet et de séparations socio-spatiales entre les groupes et les individus que nous abordons maintenant.

1.1.3. Les processus d'écartement et les formes induites de la ville

Historiquement, les premières analyses portant sur les choix résidentiels et les dynamiques de ségrégation en tant que séparation socio-spatiale de groupes dans la ville s'intéressaient principalement à la ségrégation raciale de la population afro-américaine dans les villes des États-Unis. (Park 1925; Burgess, Park, McKenzie, 1921, 1926; Anas, 2004; Rathelot et Safi, 2013). Deux hypothèses sont avancées: celle de l'effet de la concentration, c'est-à-dire la préférence des groupes minoritaires à s'installer à proximité de leurs semblables, et celle du «white fly», c'est-à-dire la propension des populations majoritaires (en l'occurrence blanche) à éviter de s'installer à proximité des populations afro-américaines (Frey, 1979 ; Rathelot et Safi, 2013). Selon Bouzouina (2008) et Anas (2004), plusieurs mécanismes permettent de comprendre cette double hypothèse et apportent de surcroît des éléments conceptuels pertinents qui donnent la possibilité de relier les facteurs d'écartement, entre les groupes et les individus, et les choix résidentiels. Il s'agit des mécanismes d'écartement générés par:

- des préjugés négatifs concernant un groupe social, poussant à éviter la proximité avec ce groupe. Ces préjugés limitent en conséquence le choix résidentiel et favorisent le regroupement homogène.
- la mobilité, qui peut être conçue comme la capacité (physique et économique) à se déplacer, incitant les individus changer de lieu de résidence lorsqu'ils considèrent les conditions sociales à proximité comme dégradées ou qu'ils voient leurs capacités financières être fortement modifiées.

- des manœuvres d'exclusion, consistant à forcer le déménagement d'individus ou de groupes jugés comme négatifs et qui sont présents dans le voisinage.
- les pratiques discriminatoires, visant à dissuader l'emménagement de groupes générant des externalités négatives.

Aborder ce thème de l'écartement entre les groupes et les individus nécessite donc une approche pluridimensionnelle. Les concepts que nous avons présentés permettent de lier les différents aspects de l'identité avec des motifs de regroupement au sein de communautés ou de définir les facteurs pouvant aboutir à une opposition, voire à une confrontation entre ces dernières.

Dans la complexité de la réalité urbaine, on assiste, dans la plupart des cas, à une articulation des dynamiques de regroupement ou d'écartement. En effet, il n'est pas rare de devoir expliquer une situation de regroupement communautaire, non seulement par le désir d'appartenance à un groupe, mais également par le rejet d'un groupe différent. Tel est ainsi l'exemple des communautés occidentales en Amérique du Nord qui préfèrent se regrouper tout en cherchant également à s'éloigner des communautés afro-américaines. Quels que soient les motivations et les raisons des processus inter et intra groupe, il a été démontré que certaines formes urbaines sont induites ou induisent les processus de regroupement ou d'exclusion. Deux formes particulières – on pourrait même dire extrêmes – sont relevées: les ghettos et les «gated communities», ou communautés fermées.

Dans un esprit de définition neutre et dénué de connotation, les ghettos peuvent être considérés comme des espaces où l'on peut observer une concentration significative et homogène d'une minorité et incluant une dynamique économique particulière (Anas, 2004). Une différence notable peut être constatée entre les ghettos qui émergent en raison d'une contrainte externe (exclusion ou préjugés) ou ceux qui s'auto-organisent (Anas, 2004).

Il arrive cependant que ce soit le groupe majoritaire qui décide de se fermer spatialement vis-à-vis de la société dans des communautés fermées. La littérature sur cette forme urbaine particulière foisonne depuis que le phénomène est apparu massivement, notamment aux États-Unis et, dans une moindre mesure, en Europe (Le Goix, 2003). On parle de communauté fermée, dès lors que l'exclusion est légiférée (règlement interne, législations) et se matérialise (par ex par des barrières ou des murs). Il s'agit également d'un regroupement particulier: l'entre-soi. Les incidences sont négatives pour l'ensemble de la société car le lien social est très fortement entamé par de telles mesures d'écartement physique volontaire. De plus, il s'agit d'une mesure particulièrement égocentrique dans la mesure où seuls les membres de la communauté fermée vont acquérir des privilèges et réduire certains problèmes alors que le reste de la société va les voir s'accroître (par le simple fait qu'elle se réduit). Les communautés fermées faussent également la rente foncière en créant des poches d'attractivité dans les espaces fermés et en dévalorisant en conséquence les espaces qui ne le sont pas.

Hormis ces formes urbaines bien particulières, il est nécessaire de considérer des dynamiques urbaines à plus large échelle. Donzelot (2004) en distingue trois: la relégation, la périurbanisation et la gentrification, qui se traduisent matériellement par trois formes urbaines particulières, respectivement la cité sociale, le pavillon familial périurbain et le centre gentrifié (Donzelot, 2004). Plus généralement, ces dynamiques peuvent être réunies sous le terme de métropolisation, terme qui inclut tous les phénomènes de concentration et d'étalement urbain. Certains auteurs considèrent une relation dialectique entre la métropolisation et les dynamiques ségrégatives (Mignot et Aguiléra, 2004; Buisson [et alii], 2005 ; Gaschet, Lacour, 2008 ; Charlot, 2009). En effet, si les formes urbaines générées par la métropolisation sont moins strictes du point de vue de la séparation socio-spatiale (pas de murs ou de frontières nettes), les «patterns» qui peuvent être observés sont très explicites. Les coefficients de concentration des groupes liés à ces dynamiques urbaines soulignent que les différences socio-spatiales sont toujours présentes et permettent donc d'envisager un lien d'influence important avec les processus et les situations de ségrégation.

1.1.4. Processus sociaux à prendre en compte dans un modèle de simulation de l'évolution d'une ville

Il est possible d'établir que, non seulement les cas extrêmes du ghetto et du quartier résidentiel fermé, mais également les dynamiques urbaines plus générales, telles que la métropolisation, démontrent une tendance à la spécialisation des espaces et donc à une forme de ségrégation formelle et fonctionnelle des différentes zones de la ville. La manière dont s'organisent alors les individus et les groupes est une cause et une conséquence de la construction de la ville.

Réussir à contrôler ces dynamiques socio-spatiales est l'un des enjeux majeurs pour la gouvernance des villes et le succès dépend de la capacité à prendre en compte les nombreux jeux d'influences réciproques que nous avons développés tout au long de ce chapitre et dont nous allons nous servir pour constituer les règles et les indicateurs du modèle de simulation.

Deux grandes dynamiques socio-spatiales des groupes et des individus peuvent être mises en avant: le rapprochement et l'écartement. Concernant les dynamiques qui témoignent de l'homophilie et du désir de regroupements, nous souhaitons mettre l'accent sur les points suivants:

- Les différentes notions de l'identité (personnelle, sociale et collective) peuvent être réunies en un seul concept. Celui-ci peut être analysé selon différentes composantes (socio-économiques, culturelles et ethniques, physiologiques) mais la composante socio-économique se révèle être la plus importante.
- Le concept d'identité est nécessaire pour comprendre les dynamiques de rapprochement, car nous avons démontré l'influence entre le choix et la satisfaction résidentielle: la recherche d'un environnement social similaire au sien est donc un facteur fondamental.

- En conséquence, il est possible d'analyser la structure socio-spatiale d'une ville en observant la répartition de groupes suivant une caractéristique précise, par exemple les classes socio-économiques. Cette analyse permet de nous renseigner sur l'intensité du regroupement des divers groupes sociaux: plus celle-ci est forte, plus ceux-là sont homogènes. Lorsque les distinctions s'inscrivent particulièrement dans l'espace, on peut considérer que la société est ségréguée.

L'analyse de la dynamique inverse d'écartement et d'opposition complète les modalités des dynamiques de ségrégation:

- Lorsque des individus appartenant à des groupes différents résident à proximité, cela peut amener à des tensions sociales, à l'insatisfaction résidentielle et finalement à la mobilité résidentielle.

Ces diverses dynamiques sociales ont une incidence déterminante et peuvent faire varier les formes urbaines. Les exemples extrêmes sont les ghettos ou les communautés fermées. Réciproquement, les formes urbaines peuvent également influencer les dynamiques socio-spatiales et cette symbiose doit être prise en compte.

Les divers points que nous venons de souligner serviront à paramétrer notre modèle de simulation: les dynamiques de rapprochement et d'écartement seront intégrées et généreront les dynamiques socio-spatiales. Ces composantes sociales constituent une part des forces qui influent sur la forme urbaine et la répartition socio-spatiale; ainsi, nous abordons maintenant un autre groupe de facteurs: les composantes économiques de la formation du prix du foncier et des loyers.

1.2. Rente foncière

Intégrer la dimension économique dans la thématique de la ségrégation est une étape importante, car elle implique de complexifier les causes et conséquences des processus et des situations de ségrégation. Aborder les questions de rente foncière est totalement lié à la question résidentielle dans la mesure où le prix du terrain prend de plus en plus d'importance dans la valeur immobilière (Aveline, 2005). Ainsi, nous rejoignons la thématique de la division socio-économique de l'espace dans la mesure où la localisation des ménages est déterminée selon leur revenu et leur propension à pouvoir acquérir ou louer un certain bien immobilier.

Analyser les relations entre la ségrégation et la rente foncière a été l'objet de nombreuses recherches qui, jusqu'à récemment, partent de deux points de vue particuliers. En effet, selon Granelle (2004), deux positions disciplinaires s'opposent pour expliquer la dimension foncière de la ségrégation:

- la première est sociologique et considère que la ségrégation est tributaire de processus économiques, culturels et politiques relativement larges; selon ce point de vue sociologique, le fonctionnement des marchés fonciers consiste uniquement à enregistrer les valorisations/dévalorisations des terrains, notamment induites par les usages du sol.
- L'analyse antagoniste est économique et postule que les évolutions des prix fonciers ont un effet déterminant sur la structuration socio-spatiale, et donc sur la ségrégation urbaine (Granelle, 2004: 76).

Point commun entre ces deux positions, elles partent du principe que la valeur immobilière est totalement corrélée à la valeur foncière, permettant ainsi d'intégrer tous les choix résidentiels dans la réflexion, que ce soit les cas de location ou de propriété privée. En effet, cette simplification est nécessaire et permet de s'interroger sur la répartition socio-spatiale de la population dans son ensemble.

La prise de position la plus pertinente est de partir du principe qu'il existe un mouvement dialectique et d'influences réciproques entre les usages du sol et la rente foncière. De plus, ce sont non seulement les propriétés intrinsèques des terrains (infrastructures, accessibilité) qui déterminent celle-ci, mais également la perception de la part des propriétaires, potentiels ou actuels, point de vue qui est alors soumis à des éléments plus immatériels, mais non moins déterminants, tels que le sentiment de sécurité ou la composition du voisinage. Finalement, la rente foncière en milieu urbain est également déterminée par des facteurs plus globaux par exemple des tendances liées au contexte régional et national, telle que les politiques d'aménagement et les dynamiques économiques et démographiques (croissance régionale) voir mondiale, si l'on considère par exemple les crises économiques liées au marché immobilier.

Nous proposons cependant de nous concentrer particulièrement sur les questions liées au champ urbain et au voisinage, facteurs que nous intégrerons dans notre modèle de simulation.

1.2.1. Champ urbain et voisinage

La théorie sur la rente foncière a connu un développement important depuis les premières thèses à la fin du 19^e siècle, notamment celles de Ricardo (1772-1823) et Von Thünen (1783-1850). Alors que le premier insiste sur l'usage du terrain pour déterminer son prix (Pichet, 2004), Von Thünen part du principe inverse, à savoir que les valeurs foncières déterminent l'usage du sol. (Von Thünen, 1851; Mathieu, 2003).

Durant tout le 20^e siècle, les thèses s'appuyant sur ces deux paradigmes vont se multiplier et s'adapter de plus en plus spécifiquement à la thématique de la valeur foncière en milieu urbain. Dans les analyses actuelles, les deux prises de position sont valables et doivent être prises en compte pour effectuer une analyse pertinente et complète des configurations foncières des espaces urbains (Buffet [et alii], 2004).

La détermination de la valeur foncière peut être effectuée par la prise en compte d'éléments matériels et immatériels, c'est-à-dire les propriétés intrinsèques, telles que les infrastructures présentes, mais également des propriétés perceptives, telles que le sentiment de sécurité ou d'entre-soi. Toutefois, quels que soient les éléments considérés, on peut estimer que la rente foncière est également modulée par le fonctionnement basique du marché, variant selon l'offre et la demande.

Si l'on s'intéresse de plus près aux thèses issues du raisonnement de Ricardo sur l'antériorité et la prédominance de l'usage sur la valeur, plusieurs points peuvent être mis en exergue. Tout d'abord, il s'agit de considérer la valeur foncière indépendamment de la valeur intrinsèque dans la mesure où le prix d'un terrain serait l'expression de l'ensemble des influences sociales, «des valeurs d'opinion» (Halbwachs, 1909). Selon Halbwachs, auteur du début du 20^e siècle, la valeur d'un terrain serait fixée non pas selon des besoins réels, mais selon l'idée que l'on se fait de ces besoins. Ces derniers varient ainsi selon l'époque et le lieu en raison de leur fondement profondément sociologique. C'est à ce niveau d'analyse que l'on peut placer la spéculation, car cette pratique consiste à «prédire» les futurs avantages qui seront recherchés. Finalement, ce point de vue exclusivement sociologique consiste à placer les représentations collectives comme principal, et quasi unique, facteur de modulations de prix fonciers.

D'autres analyses font également partie des fondements des thèses sociologiques du marché foncier, notamment les modèles issus de l'école de Chicago, tels que Burgess (1925), Hoyt (1939), Harris et Ullman (1945). Tous ces modèles tentent d'établir la division sociale de l'espace, mais considèrent celle-ci comme donnée et n'expliquent pas son évolution. En d'autres termes, la valeur préalable des terrains, qui a forcément conditionné la division sociale de l'espace, n'est pas prise en compte, ce qui conduit à des conclusions légèrement biaisées.

Dans la même tendance méthodologique, Granelle (2004) insiste particulièrement sur les facteurs culturels pour expliquer les évolutions des prix des terrains et des logements. Il arrive à la conclusion que certains espaces acquièrent une valeur affective pour une certaine catégorie sociale et parle alors d'identification à un espace urbain. Il s'agit là d'un point très intéressant qui permet de mieux comprendre l'importance que peut revêtir le choix de localisation d'un logement pour certaines personnes, puisque ce facteur d'appropriation et d'appartenance à un lieu devient alors un critère déterminant pour établir les futures caractéristiques d'un nouveau quartier: les valeurs qui sont attribuées à un espace influent sur les groupes socioculturels qui y sont attachés ou attirés.

Un auteur marxiste plus contemporain, Lipietz (1974), se situe entre les thèses sociologiques et économiques. En effet, il affirme dans un premier temps que la structure des usages du sol précède le fonctionnement du marché foncier en s'appuyant sur le concept de division économique et sociale de l'espace. Toutefois, pour expliquer les différenciations de valeurs foncières dans l'espace et dans le temps, cet auteur introduit des facteurs endogènes et exogènes. Dans le premier cas, il affirme que l'intervention d'un promoteur ou d'un aménageur modifie l'usage du sol, et ce, dans le but d'obtenir une plus-value. Quant au facteur exogène, il rejoint la théorie économique néoclassique en affirmant que l'usage du sol est tributaire de la valeur qui y est attribuée, en prenant exemple des centres-villes où les classes sociales les plus aisées sont prêtes à payer une rente foncière plus élevée pour pouvoir bénéficier des avantages liés à la centralité. Il aboutit alors à la conclusion que le choix de localisation est effectué sous la contrainte du revenu: les capacités financières élevées de certains leur permettent d'accéder aux localisations les plus recherchées (par ex. centrales). Ainsi, il est possible d'en déduire que chaque espace dispose de caractéristiques différentes et uniques qui déterminent un type particulier de résidents.

Dans les années 1960, Alonso et d'autres auteurs (Yan Liu, 2009) vont repartir du modèle de Von Thünen, des principes de l'économie néoclassique et de la microéconomie pour constituer un nouveau courant, La Nouvelle Économie Urbaine (N.E.U)(Aveline, 2005). D'après la NEU, le choix résidentiel est un compromis entre la localisation (centre ou périphérie), les caractéristiques du logement (surface habitable) ou les commodités à proximité. La valeur des logements détermine l'acquéreur (moyens financiers différents). Ainsi, la localisation de la classe supérieure en périphérie s'explique par la préférence pour les grandes surfaces qui sont disponibles en plus grand nombre en périphérie. Quant aux classes moins aisées, elles se localisent au centre pour minimiser leurs coûts de transport.

Toutefois, les premières analyses générées par les modèles de la NEU restent souvent limitées à l'étude de la localisation des ménages et ne prennent pas en compte la différenciation sociale ou les incidences des décisions politiques (Aveline, 2005; Derycke, Pumain, 1996). Dès les années 1970, ces modèles sont complétés par l'introduction de nombreux paramètres, complexifiant ainsi les modèles théoriques urbains sur la localisation des ménages et des activités. Ces nouveaux modèles prennent notamment en compte les externalités sociales, qui peuvent prendre la forme de

ségrégation, rejoignant ainsi les concepts de l'École de Chicago, ou l'attractivité générée par les infrastructures et les services (hypothèse de Tiebout [1956]).

Le concept d'externalité sociale est particulièrement pertinent pour comprendre l'importance et l'influence des caractéristiques sociales de l'espace – c'est-à-dire celles qui sont générées par les caractéristiques mêmes des habitants — sur le choix résidentiel des nouveaux arrivants. Il a ainsi été établi que ces caractéristiques avaient une incidence sur les prix du sol, et ce, à l'échelle de la ville (Fujita, 1989; Richardson, 1977; Zoller, 1988; Aveline, 2005).

L'autre axe de recherche qui prolonge les développements de la NEU concerne les choix résidentiels en regard des aménités spatiales. En effet, selon Tiebout (1956), il existe une relation entre biens publics locaux et processus ségréatif, puisque la population s'homogénéise suivant ses préférences en termes de biens publics locaux. Très bien résumé par Aveline, la thèse de Tiebout considère que *«le choix de localisation des ménages ne repose pas seulement sur les paramètres "coûts du logement" et "accessibilité au centre", mais s'opère également en fonction des biens publics locaux offerts dans chaque commune. Ces biens publics sont financés par l'impôt et sont censés satisfaire les administrés [...]. Si l'offre ne les satisfait plus, ils "votent avec leurs pieds" en changeant de commune»* (Aveline, 2005: 33). Initialement effectuées dans le contexte américain, les études basées sur l'hypothèse de Tiebout en Europe démontrent une corrélation positive entre les biens publics locaux et les prix immobiliers (Beckerich, 2001) permettant d'affirmer que la présence d'aménité peut générer, dans certains cas et suivant les conditions, une ségrégation sociale.

Le modèle de Tiebout semble néanmoins nécessiter une prise en compte des préférences propres à chaque individu et, *in extenso*, à chaque groupe socio-économique. Il en résulte une ségrégation comme prévu par l'hypothèse de Tiebout. En effet, selon Pouyanne (2008): *«La structure de préférences, c'est-à-dire la priorité que l'on accorde aux aménités, est différente suivant les individus et les agents évaluent différemment les aménités et les biens publics. Cela conduit à des consentements à payer inégaux, inégalités que l'on retrouve ensuite dans la rente et qui donnent naissance à une exclusion par les prix. Une fois la ségrégation effective, un certain nombre de mécanismes autorenforçants peuvent se mettre en place, volontaires ou involontaires»* (Pouyanne, 2008, 113).

Un concept particulièrement intéressant qui a également été développé à la suite des modèles de la NEU, notamment concernant les aménités spatiales, est la Méthode des prix hédoniques, c'est-à-dire que l'utilité d'un bien ou d'un service résulte de la jouissance que celui-ci procure. Cette approche permet d'estimer la modification de la valeur d'un bien immobilier ou foncier. Cette modification peut être positive et être générée, par exemple, par la présence d'un balcon, ce qui augmente la valeur du bien; au contraire, la modification peut être négative, par exemple lorsque l'on considère la perte de valeur occasionnée par l'implantation d'une usine polluante (Aveline, 2005).

Cette approche est alors particulièrement intéressante du fait qu'elle permet d'établir une évaluation très complète des variables influençant le prix d'un logement. Trois grands types d'attributs réunissent tous les paramètres possibles et permettent de déterminer le prix d'un logement (Aveline, 2005):

- Les caractéristiques intrinsèques: taille du logement ou du terrain
- Les variables de localisation: distance au centre, proximités d'infrastructures (positives ou négatives)
- Les critères de voisinage: l'environnement physique (bâti, densité de la trame grise ou verte) et la composition socio-économique.

On peut également parfois tenir également compte des facteurs politiques, juridiques ou réglementaires lorsqu'ils influencent profondément l'accès au logement. Cette méthode est particulièrement utilisée aux États-Unis, notamment pour des analyses immobilières (Aveline, 2005).

Ainsi, la NEU a permis l'émergence d'un très grand nombre de modèles (Derycke, 1996) qui intègrent l'espace comme une composante à part entière, influençant par ses caractéristiques (composition socio-économique, infrastructures) les choix de localisations des agents. Toutefois, certains ont relevé des limites particulièrement pertinentes des modèles issus de la NEU (Aveline, 2005; Zoller, 1988), notamment les problèmes liés à la définition des centres (villes polycentriques, centres secondaires, etc.) et à la théorisation toujours très limitée et désuète de la rente foncière.

En conclusion sur les champs économiques en milieu urbain, il est indéniable que la prise en compte des différents paradigmes que nous venons de décrire est nécessaire pour analyser les situations actuelles. En effet, il semble permis de postuler que les valeurs foncières se sont développées selon un principe de valorisation, c'est-à-dire que les lieux ont acquis, dans un premier temps, une valeur en fonction leur usage. Dans un deuxième temps, cet usage a conditionné à son tour la valeur. S'est alors engagée une dynamique dialectique qui s'est renforcée et a conduit à la différenciation des espaces selon les prix et selon les fonctions. Ces principes, bien que simplifiés, permettent une bonne compréhension des dynamiques urbaines et seront donc intégrés dans notre modèle. Néanmoins, dans le souci de décrire de manière la plus complète le fonctionnement du marché foncier, il est nécessaire de prendre en compte les acteurs qui agissent et interagissent ainsi que les facteurs endogènes et exogènes.

1.2.2. Les acteurs du marché foncier

Si l'on peut envisager, dans un cadre théorique, le fonctionnement autonome du marché foncier, il apparaît rapidement que ce sont les acteurs qui génèrent du sens, notamment par l'introduction de la complexité. Comme le souligne Pumain (2000), *«faut-il le rappeler, derrière les espaces décrits ici [les zones urbaines, NDLA], ce sont les habitants et leurs stratégies résidentielles qui sont les agents des transformations observées»* (Pumain, 2000: 214). Les ménages ne sont pas les seuls acteurs de la production du cadre bâti en milieu urbain, mais ce que nous enseigne Denise Pumain est l'importance de considérer les stratégies, ainsi que les ressources et les perceptions. Ces trois aspects, stratégies, ressources et perceptions, sont des éléments de différenciation entre les deux principaux groupes d'acteurs, les acteurs publics et les acteurs privés. En effet, on ne peut différencier les acteurs uniquement selon leur comportement et leurs intérêts sur le marché foncier et immobilier: *«Des acteurs privés peuvent se rallier à des actions d'intérêt général alors que des acteurs publics peuvent utiliser les méthodes de gestion du secteur privé, voire, pour prendre l'exemple de l'aménagement, se comporter comme des spéculateurs immobiliers. Certains vont même jusqu'à suggérer que les organisations, qu'elles soient publiques ou privées, ont de plus en plus des comportements et des modes d'action indifférenciés, que seule l'argumentation sur les raisons de l'action différencie»* (Le Galès, 1995: 60). De plus, pour différencier les acteurs, une approche pertinente consiste à considérer l'incidence des acteurs sur le marché foncier et immobilier, notamment en s'interrogeant sur leur implication directe ou indirecte. Finalement, de multiples exemples illustrent l'impact des acteurs sur les formes spatiales des espaces urbains et il peut être intéressant de les différencier selon leur rôle dans la fabrique de la ville, sur les politiques et sur les dynamiques urbaines (Halpern, Pollard, 2013).

On constate ainsi que les acteurs et les fonctionnements du marché foncier et immobilier se diversifient et se superposent lorsque s'accroît le degré d'urbanité. Cette imbrication est particulièrement valable en Suisse où l'on peut observer des cas très concrets d'interventions d'acteurs particuliers suivant le territoire considéré: on peut citer par exemple les régions jurassiennes où une grande majorité des propriétaires fonciers sont privés, au contraire du centre ville de Zürich dont les terrains sont en mains de propriétaires très divers, tels que des institutions financières suisses et étrangères (Theurillat, 2013).

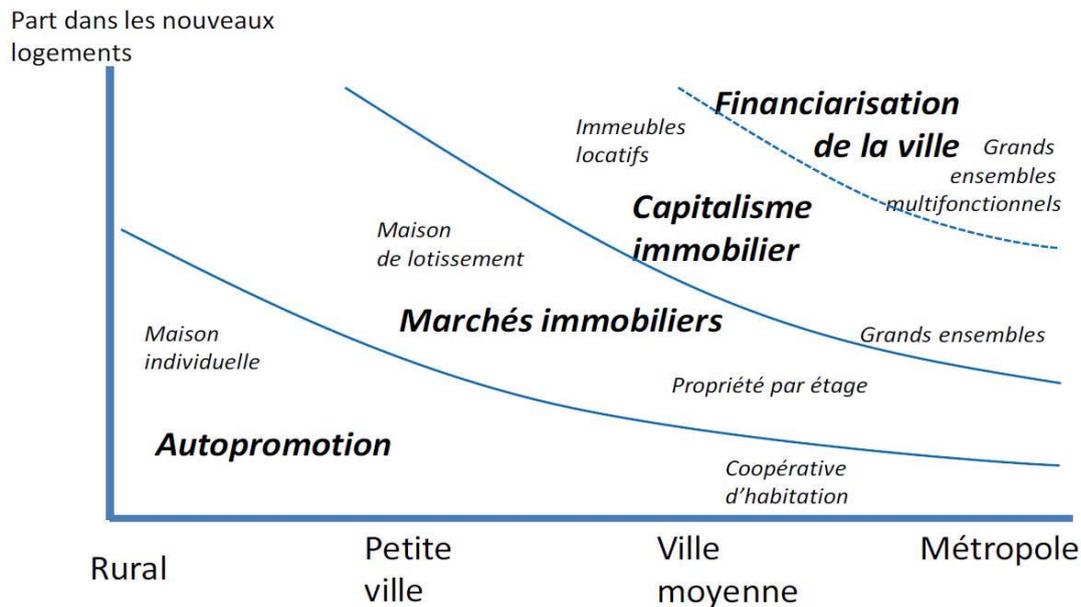


Figure 1.1 Les territoires des marchés immobiliers (Theurillat, 2013: 16)

C'est finalement dans le jeu d'acteurs que les ressources et les perceptions de chacun vont se cumuler pour constituer des dynamiques sociales, économiques et politiques complexes, générant par la suite les multiples formes urbaines que l'on peut observer dans le monde. En effet, il est avéré que les formes urbaines découlent des jeux sociaux et la production du cadre bâti doit être considérée comme un jeu social, dans la mesure où les divers acteurs sont en interactions. Pour illustrer notre propos, nous proposons un schéma qui permet de mieux saisir les diverses relations et interactions entre les acteurs.

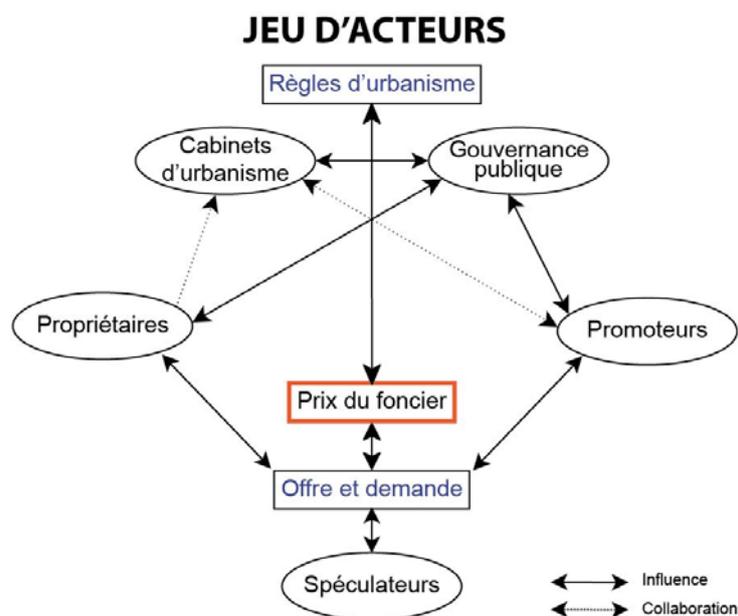


Figure 1.2 Jeu d'acteurs des marchés fonciers (Rozenblat, 2012)

Dans ce schéma, les promoteurs et les propriétaires privés constituent les deux acteurs principaux des dynamiques foncières. Ils sont tous deux soumis aux règles établies par les pouvoirs publics et sont en collaboration avec les cabinets de professionnels de l'urbanisme et de la construction pour adapter leur position au plus proche des contingences administratives et matérielles.

Nous avons maintenant défini les principaux acteurs et montré leurs influences potentielles sur les dynamiques foncières urbaines. Il reste toutefois des influences totalement indépendantes de la volonté et des actions de ces acteurs, les facteurs endogènes et exogènes. Constitués par les crises économiques ou les événements d'ampleur nationale, voire internationale, ces facteurs doivent être pris en compte pour établir les particularismes de certains cas de figure.

1.2.3. Les facteurs endogènes et exogènes

Dans une recherche exhaustive des dynamiques influençant les valeurs foncières dans les centres urbains, il est nécessaire de prendre en compte des facteurs d'importance plus générale, c'est-à-dire ayant une influence au niveau supra-régional, national voir international. En effet, si les conditions locales sont indéniablement déterminantes, il est tout aussi évident que les mouvements généraux de l'économie ou de la politique jouent un rôle dans les dynamiques foncières en générant:

- des influences «positives», c'est-à-dire poussant à la hausse, pour les valeurs foncières, par exemple une pénurie de logements;
- des influences négatives, comme l'explosion d'une bulle immobilière (Musolino, 2012) ou encore les Subprimes américaines (Remtoula, 2010).

Il est toutefois nécessaire de distinguer les facteurs induits par la ville elle-même (facteurs endogènes) ou ceux qui lui sont «imposés» par des dynamiques totalement extérieures à son fonctionnement (facteurs exogènes) (Latham, 2009 ; Khechi [et alii], 2011). Ces facteurs endogènes ou exogènes qui influencent la rente foncière sont liés à la dynamique générale de la ville, c'est-à-dire à la croissance ou la décroissance urbaine sur le plan économique, démographique ou spatial (Claval, 2005). L'intégration de ces différentes dynamiques est indispensable pour étudier exhaustivement les conditions et caractéristiques de chaque cas d'étude, c'est-à-dire pour établir les contextes propres à chaque analyse.

1.2.4. Acteurs et facteurs économiques des transformations urbaines intégrés dans le modèle de simulation

La rétrospective des théories économiques de Von Neumann et de Ricardo souligne les liens réciproques et dynamiques entre la valeur et l'usage d'un terrain. Nous retenons ainsi les principes suivants:

- Les valeurs des terrains – et donc des logements — évoluent suivant le type de personnes qui y habitent et, par effet de rétroaction, le type d'habitants évolue suivant la valeur des terrains.
- Les caractéristiques de l'environnement à proximité des terrains influencent également la valeur foncière. Ces caractéristiques de l'environnement peuvent être physiques – les autres terrains – ou sociales – les groupes sociaux.

Le modèle des prix hédoniques prend en compte l'ensemble de facteurs qui influencent les valeurs des terrains et des logements. Le modèle de simulation que nous avons créé est donc basé sur ces concepts et cette méthodologie afin de générer des valeurs foncières et les faire évoluer.

Les ménages sont les acteurs que nous avons retenus et intégrés dans notre modèle car ils sont propriétaires ou consommateurs du bien foncier et indissociables de la production et de l'évolution du marché foncier.

Quant aux facteurs économiques endogènes ou exogènes, ils sont intégrés *de facto* sans pour autant influencer directement le modèle. En effet, ils déterminent les analyses des situations actuelles mais ne seront pas utilisés en tant que paramètres.

1.3. Gouvernance publique

Plusieurs grandes étapes marquent l'intervention des pouvoirs publics sur des dynamiques socio-spatiales jugées problématiques. Historiquement, les plus marquantes ont porté sur les problématiques de ségrégations raciales, par exemple en Afrique du Sud avec la fin de la politique de l'Apartheid ou aux États-Unis avec l'abolition des politiques racistes.

Par la suite, et de manière plus générale, les questions socio-spatiales ont été régulièrement présentes dans les discours publics, notamment après la Deuxième Guerre mondiale, et ont porté sur les questions de logements de la population. En effet, particulièrement en Europe, la plupart des pays connaissent un exode rural entraînant une urbanisation massive et une crise du logement très importante qui amènent l'Etat à s'impliquer de manière inédite dans la construction de logement puis la promotion de l'accès à la propriété. Dans ce chapitre, nous allons revenir très brièvement sur ces grandes étapes en montrant dans quelle mesure ces interventions ont généré davantage de situations et de dynamiques ségrégatives qu'elles n'en ont résolues (1.3.1).

Actuellement, les pouvoirs publics tentent de réguler les dysfonctionnements et les déséquilibres socio-spatiaux générés par les dynamiques socio-économiques et la (non) intervention des précédents pouvoirs publics. C'est dans ce contexte que se situe notre recherche et nous proposons une réflexion sur les nouveaux outils d'aide et d'évaluation des politiques publiques (1.3.2).

1.3.1. Historique des politiques publiques dans le domaine du logement

À la fin de la Deuxième Guerre mondiale, on assiste à une crise du logement très importante en Europe, principalement en raison des destructions occasionnées par la guerre, de la croissance démographique importante ou encore des dynamiques spécifiques à l'industrialisation (exode rural). Cette crise du logement porte en fait sur deux aspects: un taux de vacance très bas ainsi qu'une qualité très médiocre des logements dans les espaces urbains avec, dans les cas extrêmes, des bidonvilles. En réponse à ces problématiques urbaines, durant toute la deuxième moitié du XXe siècle, les pouvoirs publics ont mis en place différentes mesures visant, dans un premier temps à améliorer les conditions de logement, puis, dans un deuxième temps, à réguler les différenciations socio-économiques qui s'étaient inscrites dans les territoires. Ainsi, on assiste à une promotion et à une implication très forte de la part des autorités, par exemple dans la création des grands ensembles résidentiels, censés accueillir toutes les couches sociales de la population¹, ou de manière plus

¹ L'influence du mouvement urbanistique d'alors, le mouvement fonctionnaliste, mené entre autres par le Corbusier, a participé à la construction de cette forme urbaine particulière que sont les grands ensembles. En effet, l'idée centrale de l'urbaniste était d'offrir à tout un chacun la possibilité d'acquérir un logement de qualité, notamment en regard du cadre et de l'accessibilité. Toutefois, les principes de bases ont été pervertis par les formes extrêmes qu'ont pris les grands ensembles, notamment l'absence d'un cadre de vie de qualité, générant une exclusion spatiale de ces ensembles.

générale, dans la construction et la réhabilitation de logements, individuels et collectifs (Louvot-Runavot, 2001). Cette «*intrusion massive du secteur public dans la production du cadre bâti*» est considérée comme «*le trait [...] le plus marquant de la question du logement*» au cours de cette période (Madoré, 2004: 113) et résulte d'une «*convergence historique entre une demande colossale de logements à satisfaire et la prééminence, jusque dans les règles juridiques, d'une certaine conception de l'urbanisme capable d'y répondre*» (Deschamps, 2004: 164).

Depuis les années 70, les pouvoirs publics tentent de contrer les effets négatifs qui ont été générés par les décisions, ou l'absence de décisions, portant sur ce type d'aménagement des villes et du territoire et qui ont produit des dynamiques ségrégatives importantes. L'intervention de l'État se modifie également et les aides directes à la construction diminuent. Cette modification peut être interprétée comme une tendance néo-libérale qui tend à remettre en cause «*la légitimité de l'intervention de l'État dans le champ économique dans la production et le financement du logement*» (Madoré, 2004: 117). En conséquence, l'une des politiques du logement que l'on retrouve dans tous les pays d'Europe de l'Ouest durant cette période est le soutien plus ou moins marqué à l'accession à la propriété privée par le biais de diverses aides et mesures, par exemple en Grande-Bretagne avec les lois du *Right to buy* en 1984, et du *Housing Act* en 1988 (Davy, Guigou, Sagot, 2005), en France avec la réforme du financement du logement de 1977 (Madoré, 2001 ; Deschamps, 2004) ou encore en Suisse, avec la loi fédérale encourageant la construction et l'accession à la propriété de logements (Cuennet, Favarger, Thalmann, 2002).

Peu évidente au premier abord, cette politique de «solvabilisation» des ménages a été un facteur de renforcement des dynamiques et des situations de ségrégation socio-spatiale dans la mesure où, d'une part, l'État s'est désengagé des autres mesures sociales liées au logement et, d'autre part, la privatisation du logement a amené une double dynamique de renchérissement des valeurs foncières et une exclusion socio-spatiale des populations les moins aisées dans les parties centrales des villes (Davy, Guigou, Sagot, 2005).

En réponse à ces problématiques socio-spatiales désormais reconnues, on peut distinguer deux types de mesures qui ont été mises en place pour limiter la ségrégation selon Emmanuelle Deschamps (2004):

- des politiques liées directement aux logements, avec l'introduction de réglementations ou de lois, afin «*de neutraliser les effets ségrégatifs engendrés par la planification, la construction et le peuplement*» (Deschamps, 2004, 163). Ce sont, par exemple, les lois favorisant l'accès à la propriété privée ou les lois visant à réglementer les mixités socio-économiques.
- des «*règles diverses qui poursuivent une logique de compensations économiques, d'avantages fiscaux et sociaux*» (*idem*).

Par ces mesures, les pouvoirs publics se donnent les moyens d'agir sur les effets les plus probants de la ségrégation, c'est-à-dire sur les aspects spatiaux et sur les aspects sociaux.

Actuellement, la question de la mixité sociale est un référentiel des politiques urbaines qui se basent sur deux postulats pour la légitimer comme principe d'action (Bendaoud, 2013 ; Lelevrier, 2010): le premier postulat repose sur l'hypothèse des effets de quartier négatifs (hystérèse spatiale), notamment sur le plan économique avec un chômage plus prononcé dans les quartiers «sensibles» (Fitoussi et alii, 2004; Lelevrier 2010; Gaschet, Gaussier, 2008; Bouzouina, 2008). Le second postulat porte sur le rôle intégrateur des classes moyennes vis-à-vis des classes populaires: bien que controversées (Bacqué, Fol, 2007; Lelevrier 2010), les politiques de déségrégation socio-économique sont de plus en plus fréquentes et sont illustrées par des incitations au déménagement (Kirszbaum, 2008) ou à l'obligation d'un taux minimum de logements sociaux dans les nouvelles constructions (Madoré, 2001, Deschamps, 2004).

Néanmoins, la lutte contre la ségrégation sociale ne passe pas uniquement par une mixité fine de l'habitat, mixité qui est parfois même fortement critiquée, voire considérée comme un facteur de tensions sociales (Oberti, 2001 ; Morris [et alii], 2012). En effet, Desponds (2005) prétend que de meilleurs résultats seraient obtenus en garantissant une meilleure accessibilité de toutes les catégories sociales à des espaces publics fréquentés par un large éventail de populations. Cette question de l'accès à la ville commence être abordé dans les débats publics et fait l'objet des premières recherches dans le domaine de la sociologie urbaine (Mignot, 2008 ; Caubel, 2008 ; Korsu, Wenglenski, 2008).

1.3.2. Les conséquences socio-spatiales des politiques du logement

L'analyse des effets des politiques en matière de ségrégation et de logement démontre que les effets socio-spatiaux peuvent être relativement importants, particulièrement lorsque l'on considère l'étalement urbain généré par la multiplication des maisons individuelles. En effet, certains chercheurs ont démontré que les politiques en faveur de l'accès à la propriété se sont souvent accompagnées d'une extension importante des zones périphériques, témoignage direct de l'étalement urbain (Madoré, 2001 ; Calcoen, Cornuel, 2001). Toutefois, cette conséquence des politiques du logement n'est jamais prise en compte lors de l'évaluation de ces dernières, l'accent étant uniquement mis sur l'efficience en termes d'équité socio-économique qu'elles assurent (Pulliat, 2007).

Autre conséquence, les politiques du logement s'adressent systématiquement à un groupe socio-économique et démographique particulier, par exemple les familles avec enfants ou les personnes seules (Desponds, 2005 ; Madoré, 2001). Ce faisant, ces mesures influencent le choix résidentiel et participe non seulement à la séparation fonctionnelle des espaces, mais également à la séparation sociale puisque les capacités économiques, les besoins intrinsèques liés au logement (surfaces, espaces extérieurs) et les modes de représentations réunissent ces groupes sociaux économiques dans les mêmes espaces. Par exemple, on trouve majoritairement des familles avec enfants dans les banlieues résidentielles.

Parfois, les mesures politiques participent volontairement à une séparation voire une ségrégation socio-spatiale, par exemple dans le cas où des règles quant aux surfaces minimales des terrains existent (Anas, 2004). Autre exemple de discrimination initialement positive, mais qui contribue à créer ou renforcer des antagonismes socio-spatiaux, les lois qui contraignent à disposer d'un pourcentage de logements sociaux (Vignolles, 2012): la solution la plus aisée est de construire des lotissements de logements sociaux ce qui crée, on le sait maintenant, des situations et des dynamiques ségrégatives et exclusives.

Finalement, selon Madoré (2001), d'autres grands domaines d'intervention peuvent être envisagés par les autorités publiques:

- les opérations urbanistiques, notamment la reconstruction et la restructuration d'espaces publics, voire de lotissement entier, afin de rompre avec les logiques structuralistes, fonctionnalistes et technicistes qui ont conditionné leur construction.
- les interventions à caractère social avec, par exemple, les politiques éducatives, les dispositifs visant à améliorer la sécurité ou le sentiment de sécurité, ou encore les politiques de lutte contre le chômage (Demeuse, 2008).
- les interventions socio-culturelles, c'est-à-dire la création de structures et d'infrastructure qui permettent de créer ou de renforcer l'identité collective du quartier tout en la valorisant et dans le but de générer des dynamiques d'interactions sociales (par exemple intergénérationnelles (source) ou interculturelles (Chabanet, 2007).
- les interventions sur le monde économique qui doivent chapeauter et renforcer les effets des autres mesures accompagnatrices, par exemple des pactes de relances économiques (Chabanet, 2007).

Selon Davy, Guigou et Sagot (2005), les mesures de protection sociale ou celles qui visent à diminuer les antagonismes socio-économiques diffèrent d'un pays. Néanmoins, deux aspects sont systématiquement reconnus comme problématiques: la difficulté des autorités publiques face à la précarisation croissante des populations, ainsi que leur difficulté à analyser l'impact de leurs politiques sociales.

Les mesures compensatoires que nous avons citées démontrent qu'une diversité d'approches est nécessaire pour aborder les questions de la division sociale de l'espace et souligne également l'importance de l'intégration des différents acteurs et leur participation au processus décisionnel. En effet, un constat commun semble s'imposer de plus en plus au sein des diverses administrations, à savoir la nécessité de mettre en place des processus participatifs et de gouvernance pour légitimer, favoriser et assurer la pérennité des projets urbains, notamment et particulièrement ceux à but social.

1.3.3. Acteurs et jeu d'acteurs au sein des pouvoirs publics: vers une gouvernance urbaine?

Lorsque des mesures ont été prises face aux situations et/ou aux processus de ségrégation, les actions des pouvoirs publics ont été réactionnaires puisqu'elles intervenaient après que ces mêmes autorités aient constaté des conséquences négatives et très visibles de la ségrégation, telles que des contestations ou des dynamiques sociales influant sur l'ensemble de la société (chômage, hausse de la criminalité, émeutes). Les mesures avaient pour but de modifier les causes identifiées des dynamiques socio-spatiales jugées comme problématiques, en premier lieu le manque de logement à loyer modéré. Ainsi, comme nous l'avons vu, cette pénurie a conduit l'État à favoriser la construction des grands ensembles puis l'accès à la propriété. Les extensions urbaines qui s'en sont suivies se sont ainsi opérées dans une indifférence relative quant à la mixité sociale ou à des situations et dynamiques ségréгатives. Cependant, avec les mesures ciblées que l'on observe depuis la fin des années 70 en Grande-Bretagne et en France, on assiste à une intégration et un partenariat entre l'État central et les collectivités locales. Une nouvelle tendance est perceptible au sein des pouvoirs publics: le passage du «gouvernement des villes à la gouvernance urbaine» (Le Galès, 1995). La gouvernance implique la participation, la négociation et la coordination et aboutit, dans de nombreux cas, à un renforcement des pouvoirs locaux, à une multiplication des acteurs publics et privés ainsi qu'à une diversification des partenariats entre ces acteurs. Sans entrer dans le débat concernant les limites et les intérêts de la gouvernance, il est nécessaire de relever que le jeu d'acteurs, notamment entre acteurs privés et publics, est de plus en plus complexe et les incidences sur les dynamiques sociales, dont l'intégration ou la ségrégation, doivent être analysées à l'aune de nouveaux paradigmes, dont celui de la gouvernance urbaine ou de la participation. Toutefois, l'influence de la gouvernance sur les dynamiques socio-spatiales, notamment en milieu urbain est un sujet encore peu étudié de manière globale et comparative.

Toutefois, il semble possible d'établir deux tendances actuelles de la gouvernance urbaine:

- un engagement à but prioritairement économique: dans le contexte économique de désindustrialisation et de globalisation des économies, certains États (notamment l'État anglais et nord-américain), se focalisent sur l'extension du marché capitaliste et privilégient le développement économique sans se préoccuper de l'exclusion sociale générée par les restructurations.
- une approche de la gouvernance comme un moyen de démocratisation de société. Inspirés par les concepts de durabilité, d'autres États, notamment d'Europe du Nord, ont mis l'accent sur la conciliation entre objectifs économiques et sociaux (voire encore écologiques) afin de maintenir la cohésion sociale et permettre une régulation des effets négatifs de la libéralisation, notamment la désaffiliation sociale (Castels, 1995)

Dans la plupart des cas, les pouvoirs publics oscillent entre ces deux tendances suivant les compositions politiques et les contextes socio-économiques. Le monde politique dispose de divers outils qui peuvent atténuer ou renforcer (Granelle: 2008) les situations et processus de ségrégations

est peut donc être considéré comme le seul domaine au pouvoir effectif (mais souvent plus contraint qu'il n'y paraît), plus précisément par son pouvoir législatif. En effet, par ce biais, l'État dispose de leviers sur le monde économique, foncier et social. Dans le cadre urbain, ces prérogatives peuvent prendre la forme des choix de localisation des infrastructures, de régulations des valeurs foncières, de stimulations du marché de l'emploi ou d'intégration des différents groupes sociaux (Roederer: 2008).

À cet égard, la gouvernance urbaine pourrait être envisagée comme l'un des leviers d'actions les plus effectifs pour moduler la ségrégation urbaine en raison de son pouvoir d'action sur les domaines précités. De fait, une prise de conscience de la part des autorités concernant les dynamiques et processus urbains à la base des ségrégations socio-spatiales est nécessaire et peut être influencée par les outils que les géographes peuvent mettre à disposition, notamment les analyses tant au niveau de la répartition spatiale (des groupes, des infrastructures, des moyens de transport, etc.) qu'au niveau de l'évolution de la ville. En effet, les analyses tendent à démontrer le rôle crucial que peut jouer la gouvernance sur les situations et processus de ségrégation. En effet, de par leur rôle sur les règlements fonciers ou son pouvoir quant à la gestion du territoire, les pouvoirs publics ont un impact majeur sur la reproduction et la cohérence sociale (Juillet, 1971).

Quelles que soient les mesures prises par les autorités publiques, il est nécessaire de les évaluer afin d'établir leur efficacité. Plusieurs outils sont à disposition de l'État et, si la démarche linéaire, consistant à établir des mesures en fonction des stratégies préétablies, est la plus souvent usitée, nous allons présenter des approches différentes et novatrices.

1.3.4. De la nécessité de créer des outils d'évaluation et d'«expérimentation» des politiques

L'évaluation des politiques publiques n'est pas systématique, diffère selon les pays et a été introduit il y a plus ou moins longtemps, comme aux États-Unis où il s'agit d'une *«tradition qui semble remonter au tout début des années 1920»*, ou, au contraire en France où *«dire de l'évaluation des politiques publiques qu'elle ne relève pas d'une véritable tradition est un euphémisme»* (Boutaud, 2013: 164). De plus, le terme d'«évaluation» a de nombreuses implications: il s'agit non seulement de *«mesurer les résultats [...]»*, mais également *«d'expliquer quels facteurs ont produit quels effets»* (Trosa, 2003). Pour ce faire, l'évaluation doit *«mesurer, ou du moins apprécier le plus objectivement possible les effets de la politique évaluée sur la société, et/ou de comprendre les logiques de son fonctionnement en se conformant aux exigences de la méthode scientifique et en prenant de l'indépendance vis-à-vis de celui qui conduit la politique»* (Conseil Scientifique de l'Évaluation, 1996: 4).

En Suisse, *«l'évaluation est parvenue à s'imposer comme un des outils de gestion du secteur public»* (Varone, Jacob, 2004: 141) et fait même l'objet d'un article dans la Constitution: *«L'assemblée fédérale veille à ce que l'efficacité des mesures prises par la Confédération fasse l'objet d'une*

évaluation» (Article 170 de la Constitution fédérale de la Confédération suisse). Bien que l'évaluation soit institutionnalisée est parfois menée par les administrations mêmes, la règle est à «*l'externalisation du travail évaluatif qui génère un véritable marché de l'évaluation structuré autour de centres universitaires et de cabinets de consultants spécialisés*» (Varone, Jacob, 2004: 147).

Quelle que soit l'approche, très logiquement, l'efficacité des mesures politiques est estimée et évaluée en observant les effets des politiques. Cette méthode est nommée méthode linéaire, car les évaluations sont menées après l'introduction des mesures politiques et leur critique est menée sur les résultats. Des méthodes différentes existent pourtant et permettent d'évaluer et expérimenter les mesures avant même qu'elles soient introduites et qu'elles produisent leur(s) effet(s). Mieux connues sous les termes de scénarios et de prospective, ces méthodes s'opposent à la vision cartésienne de la méthode linéaire qui isole les éléments et ignore les interdépendances. Ces méthodes s'opposent également à la prévision qui est une approche sectorielle, quantifiable et probabiliste. Ainsi, selon Trenda-Pittion (2013), l'urbanisme est la science de l'urbain et des modes d'action induits et se caractérise par un antagonisme entre les méthodes, notamment proposées par les politiques publiques, et la réalité:

- les méthodes sont sectorielles alors que l'approche transversale est nécessaire.
- la vision est statique alors que la réalité est dynamique
- les fondements théoriques sont basés sur la certitude et la simplicité alors que l'avenir est incertain et complexe.

Ainsi, les méthodes de prospectives et de scénarios évitent ces principaux écueils de la méthode linéaire et permettent des approches globales, qualitatives et quantitatives qui prennent en compte des potentielles ruptures et discontinuité. Quant aux outils liés à cette méthode, la gouvernance ainsi que la participation sont régulièrement citées et permettent de mieux prendre en compte les besoins de populations ciblées par les mesures envisagées et facilitent l'acceptation publique.

1.3.5. Les outils de simulation pour évaluer et expérimenter les politiques du logement

Un autre outil, très novateur et encore peu utilisé, constitue l'originalité de notre recherche: la simulation informatique. Les premiers usages de simulations, qui n'étaient alors pas informatisées, datent dès années 1970, période durant laquelle des systèmes d'aide à la décision sont apparus et intègrent les théories et les approches de la théorie de jeux. Profitant des avancées technologiques, notamment en termes de programmation informatique, les simulations sont désormais informatisées et mobilisables dans de nombreux contextes, notamment urbains, et pour de nombreuses applications. En effet, d'un point de vue thématique, les simulations touchent de très nombreux aspects de la gestion, du développement et de la restructuration des espaces urbains, notamment dans le domaine des transports (Gallo, D'Acierno, Montella, 2010; Benenson [et alii], 2008; Wu, Murray, 2005) des localisations d'infrastructures (Benenson, 2008), ou sur l'évolution de la rente

foncière (Yu, Wei, Wu, 2007). De ce point de vue, les simulations ont beaucoup à apporter aux décideurs politiques puisqu'elles permettent de mieux déterminer la nature et l'ampleur des impacts générés par les décisions. Actuellement, la majorité des simulations porte encore sur des aspects techniques et physiques (logistique, transport) (Sui, 1998; Tapadinhas, 2012), mais les comportements sociaux peuvent également être intégrés dans des simulations (Schmitt, Pumain, 2013). Il s'agissait d'ailleurs du premier domaine qui devait être simulé, d'après les premières théorisations des simulations par Schelling (1971).

Néanmoins, les politiques publiques font peu appel aux simulations, notamment pour évaluer l'efficacité des mesures. Et à tort, selon Wu et Martin (2002) qui abordent la question de l'utilisation des simulations dans le contexte de l'expansion urbaine: « *one of the most important potential uses for such simulations is their ability to model the impact of alternative policies on the development process* » (Wu, Martin, 2002: 1855). La difficulté provient, selon les auteurs, de faire correspondre le modèle aux conditions empiriques. On peut également avancer la difficulté en termes d'accessibilité des programmes dont l'utilisation reste relativement complexe sans une maîtrise, et des concepts et des fonctionnalités.

Ainsi, si les politiques publiques utilisent encore peu les simulations, le monde académique les utilise volontiers pour évaluer les politiques publiques (Blanchet, 1998). Cette tendance se développe rapidement selon Legendre (2004), pour qui les modèles de simulations trouvent une place dans les outils d'évaluation et d'expérimentation des politiques publiques pour trois raisons principales:

- le perfectionnement des théories micro-économiques et de l'économétrie des données individuelles qui augmente le champ thématique et conceptuel des chercheurs.
- la disponibilité de données exploitables informatiquement.
- les améliorations technologiques en informatique, notamment la capacité de calcul, qui a permis un temps d'exécution raisonnable des modèles.

1.3.6. L'intégration des politiques publiques dans une analyse urbaine

Ce chapitre consacré aux politiques publiques a permis de démontrer les conditions dans lesquelles les pouvoirs publics peuvent générer différents effets sur le plan social et spatial: par exemple, la politique du logement qui a consisté à créer des logements s'est révélée contre-productive concernant les dynamiques de ségrégation dans la mesure où les grands ensembles ont été des lieux d'exclusion et de relégation. Le même constat s'applique aux aides financières pour l'accès à la propriété privée qui ont probablement permis un changement de statut social pour certaines personnes (passage du statut de locataire à celui de propriétaire), mais qui ont également généré des dynamiques spatiales telles que la périurbanisation, dont les conséquences sur la ségrégation socio-spatiale sont avérées. En Suisse, la tendance actuelle est à la gouvernance et à la participation,

notamment grâce une meilleure intégration des populations dans les processus décisionnels. Néanmoins, l'analyse des effets des mesures politiques est relativement limitée.

En conclusion, une analyse des politiques publiques en milieu urbain doit s'attacher à mettre en lumière les points suivants:

- les politiques publiques ayant des effets sociaux et spatiaux sont principalement les politiques du logement.
- Ces politiques du logement sont, pour la plupart, des constructions de logements, des incitations à la mixité sociale (grâce aux droits de superficie) ou des aides financières.
- Ces politiques génèrent des dynamiques différentes sur le système urbain, mais qui peuvent être considérées comme ségrégatives (périurbanisation des classes moyennes).
- Pour améliorer l'efficacité des mesures politiques, la gouvernance et la participation sont actuellement la tendance.
- Pour éviter des effets négatifs qui n'étaient pas anticipés, la prospective et les scénarios sont utilisés pour anticiper et évaluer les politiques publiques.

En considération de ces éléments, les simulations doivent être considérées comme un outil supplémentaire et nous proposons d'élaborer une simulation inédite qui reprend les concepts principaux qui ont été développés dans ce chapitre ainsi que les précédents. En effet, un tel outil permet de prendre en compte toutes ces différentes approches ainsi que de tester plusieurs hypothèses de recherche que nous nous proposons de développer maintenant.

2. Intégrer des dynamiques socio-spatiales et foncières dans une analyse urbaine: les simulations multi-agents comme outil prospectif

Notre recherche part du constat que la ville peut être définie comme le produit des interactions entre des composantes et des acteurs sociaux, économiques ou politiques. Elle doit alors être considérée comme un système aux équilibres subtils et parfois fragiles: dès lors qu'une de ses composantes est modifiée (par exemple la répartition sociale), le système tout entier évolue.

Ce constat a initié une démarche prospective visant à établir les effets potentiels des dynamiques sociales et foncières que nous avons identifiées. Plus précisément, cette recherche s'applique à la ville de Lausanne qui sera marquée, ou non, dans son futur par la réalisation du projet «Métamorphose», dont l'un de points forts est la construction d'un grand quartier d'habitat et de diverses fonctions au nord de la ville, plus précisément sur les Plaines-du-Loup. Notre objectif est ainsi de simuler l'évolution du système urbain de Lausanne en partant de la situation actuelle, en faisant varier les paramètres et en observant les effets et les situations auxquels le modèle aboutit.

Dans ce chapitre, nous proposons de définir les hypothèses (2.1) et les questions de recherche (2.2) qui structurent la conception du modèle de simulation.

2.1. L'analyse de l'évolution socio-spatiale et foncière d'un système urbain: l'apport des simulations

L'analyse de l'évolution de la ville et des impacts potentiels liés à la construction d'un nouveau quartier au cœur de l'agglomération lausannoise est menée sur le plan social et économique. À cet égard, ce travail s'interroge sur la constitution d'une société urbaine par les dynamiques sociales et foncières en tentant d'intégrer ces deux aspects et leurs interactions dans un modèle de simulation informatique.

Certains des concepts des analyses urbaines ont déjà été intégrés à des modèles de simulations, non seulement des processus sociaux (la ségrégation: par exemple par Schelling, 1971 et 1980 ou Bacaër, 2009), mais également – et surtout — sur des processus spatiaux (l'étalement urbain, Koch, 2011; Tapadinhas, 2012 ou le développement de réseau de transport). Ces différents modèles de simulations ont démontré que leur utilisation permet d'expérimenter l'évolution de processus urbains. La spécificité de notre recherche est de prendre en compte ces deux processus, notamment leurs interactions et leurs influences réciproques.

Notre recherche repose sur cette potentialité et postule comme hypothèse principale de recherche que les modifications apportées au système urbain peuvent générer des effets systémiques multiples

et parfois contre-intuitifs sur l'ensemble d'une ville en raison des boucles d'interactions socio-économiques et foncières. Nous pouvons donc formuler notre hypothèse de recherche principale comme suit:

- Un système urbain peut évoluer globalement lorsqu'au moins une de ses composantes est modifiée. Les modèles de simulations prenant en compte les interactions multiples permettent d'expérimenter ces évolutions potentielles.

Cette hypothèse permet, par exemple, de postuler qu'un changement important de l'offre résidentielle dans un quartier peut entraîner une perturbation générale du système urbain sur le plan socio-économique et peut modifier les processus de ségrégation sur tout un ensemble de quartiers. De même, les effets peuvent porter sur le plan foncier, avec une évolution des valeurs des terrains, générant par répercussions une nouvelle évolution du système (David, 2011; Sampson, 2012).

Ainsi, cette méthode peut être utilisée non seulement dans le cadre de la recherche fondamentale, mais également dans un but bien plus pratique et concret d'aide à la décision.

2.2. Les perturbations et les évolutions qui peuvent découler des transformations socio-spatiales et foncières d'un système urbain

Notre recherche s'appuie sur une description et une mise en exergue des principales caractéristiques du contexte et du projet, avec l'application de méthodes d'analyse propres aux études urbaines. Cette étape est cruciale, car elle permet d'établir les caractéristiques principales qui doivent être introduites pour «configurer» le modèle de simulation.

Cette réflexion sur le contexte initial et les caractéristiques du projet constitue notre point de départ, mais notre propos porte davantage sur les effets liés à l'introduction d'un facteur «perturbateur», au sens systémique, qui peut faire bifurquer le système de façon radicale. En effet, lorsqu'un projet tel que Métamorphose est introduit dans le système urbain, on peut s'attendre à des répercussions à différentes échelles (quartiers, ville) et sur différents aspects. Dans le cadre de processus d'évolution des structures socio-spatiales qui entretiennent des relations complexes, ces effets ne sont ni linéaires ni directs. En effet, la transformation d'un quartier comme celui des Plaines-du-Loup, va entraîner des mobilités résidentielles et des mouvements sur le jeu du marché foncier tant à l'échelle du quartier qu'à celle de la ville. De plus, les structures socio-économiques seront également modifiées puisque le quartier attirera une catégorie de population particulière suivant ses caractéristiques, et en transformera d'autres. Il peut en être de même pour les dynamiques foncières qui s'orienteront vers de nouveaux «équilibres».

Nous pouvons ainsi résumer nos différentes questions de recherches qui doivent être résolues grâce aux simulations:

- Quelles sont les caractéristiques socio-économiques actuelles des différents quartiers de la ville et quelles dynamiques socio-spatiales (ségrégation) peut-on y observer?
- Quelles sont les dynamiques foncières actuelles à Lausanne? Quel rôle jouent-elles sur la répartition socio-économique et, en conséquence, sur les dynamiques socio-spatiales?
- Quelles évolutions des structures socio-économiques, des dynamiques socio-spatiales et des dynamiques foncières peuvent être attendues lorsque le nouveau quartier des Plaines-du-Loup sera réalisé?
- Sous quelles conditions la mise en place du nouveau quartier peut aboutir à des résultats particuliers, voire surprenants, par exemple une variation importante des valeurs foncières ou de la satisfaction résidentielle.

Afin de tester ces hypothèses sur un système urbain «réel», en l'occurrence Lausanne, il est nécessaire, dans un premier temps, de «traduire» ses caractéristiques en des données qui peuvent ensuite être intégrées à un modèle informatique. Dans un deuxième temps, des règles de comportements et d'évolution doivent également être calibrées et peuvent être modifiées selon différentes hypothèses. Les résultats obtenus seront analysés et nous permettront de nous interroger sur les caractéristiques liées à certaines dynamiques et situations: modification de la ségrégation ou des valeurs foncières. En cherchant à déterminer les évolutions potentielles de ce système et en nous interrogeant sur les conséquences de ces évolutions, nous serons en mesure de proposer des pistes de réflexion sur les différentes options à disposition, offrant un outil novateur, original et très pertinent d'aide à la décision.

3. Mise en place d'un modèle de simulation à partir d'un cadre empirique

Le modèle que nous avons développé permet la simulation de dynamiques socio-spatiales, des évolutions des prix des logements et de leurs effets systémiques et cela d'après un cas empirique, en l'occurrence Lausanne. Pour ce faire, nous avons suivi quatre étapes consécutives (Fig. 3.1) qui permettent:

1. de déterminer un « état initial » et de choisir des outils d'analyse;
2. de construire un modèle de simulations selon des règles issues du cadre empirique;
3. de générer plusieurs simulations selon des scénarios, c'est-à-dire en faisant varier les règles;
4. de comparer les résultats obtenus avec ou sans l'intégration du facteur perturbateur (le quartier des Plaines-du-Loup) ainsi qu'avec l'état initial et selon différents scénarios.

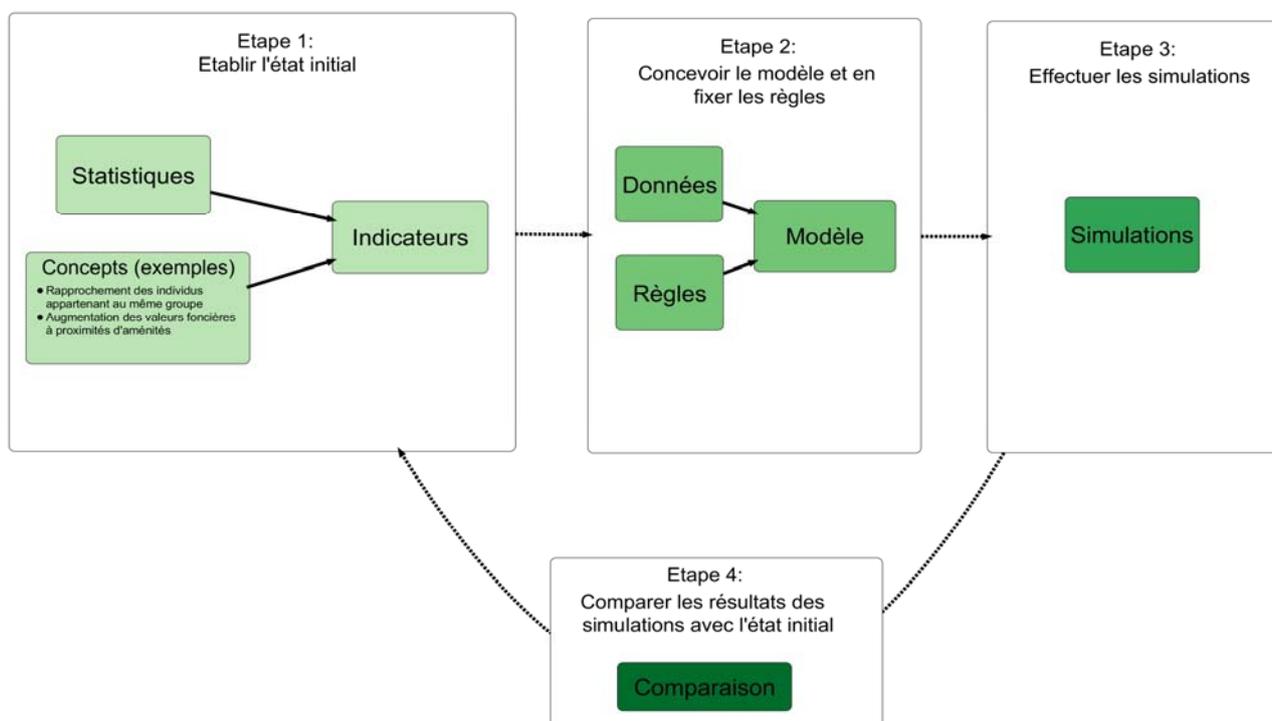


Figure 3.1 Les quatre étapes de la mise en place du modèle

Nous allons maintenant revenir sur chaque étape en précisant les méthodes et les outils particuliers que nous avons dû choisir ou développer pour mener à bien notre recherche. Ainsi, nous revenons en premier lieu sur les méthodes et les outils statistiques qui servent à analyser nos données et les résultats de nos simulations (3.1). Nous aborderons ensuite les systèmes de simulations et les règles d'interactions qui permettent de les animer (3.2). Nous concluons ce chapitre par la présentation des paramètres du modèle, leurs variations (3.3) et l'intégration des scénarios.

3.1. Diagnostic d'un système urbain et définition d'un état initial

Dans la mesure où nous étudions un système, son évolution et les modifications que peut générer l'introduction d'un élément « perturbateur », en l'occurrence la construction d'un quartier d'habitation aux Plaines-du-Loup, il est nécessaire d'avoir à disposition les meilleurs outils d'analyses pour rendre compte des modifications systémiques qui ont lieu. Pour ce faire, avons effectué des analyses à l'aide de différentes méthodes, notamment la cartographie et la statistique, afin de rendre explicites les modifications des compositions socio-spatiale et les évolutions des répartitions des valeurs foncières. Nous avons jugé pertinent de revenir sur les fondements méthodologiques de cette approche puis de présenter les outils d'analyses que nous avons choisi d'utiliser.

3.1.1. Les indices et les mesures classiques de la ségrégation

L'analyse des structures socio-spatiale est une approche classique en géographie mais l'étude de la ségrégation nécessite, selon Gaschet et Le Gallo (2008), de « *trouver des indices, des mesures, de la ségrégation urbaine permettant de comparer des villes toujours irréductiblement particulières, tant du point de vue de leur histoire que leur morphologie et d'appréhender la dimension spatiale des processus ségrégatifs* » (Gaschet et Le Gallo, 2008: 46). Les indicateurs auxquels les auteurs font allusion sont donc des mesures des différentes caractéristiques que peut revêtir la ségrégation, par exemple les effets de concentration ou de centralisation.

L'origine de cette approche et l'utilisation d'indicateurs sont concomitantes avec les travaux sur la ségrégation, notamment ceux de l'école de Chicago. Toutefois, c'est avec la révolution quantitative des années cinquante que les indicateurs, désormais classiques, de la ségrégation, ont été formalisés, notamment l'indice de dissimilarité (Duncan et Duncan, 1955) ou les indices d'interaction (Bell, 1954). Par la suite, dans les années 1980, d'autres chercheurs ont repris et amélioré ces indices en intégrant la dimension spatiale et en permettant l'analyse comparative des différents groupes (Wong, 1996, 1997, 1998a, 1998b, 2003; White, 1986; Massey et Denton, 1988; Kaplan et Holloway, 1998). Actuellement, ces indices sont de plus en plus souvent mobilisés dans les analyses de ségrégations spatiales en milieu urbain, en raison de la nécessité d'apporter des diagnostics et des évaluations les plus pertinentes possible aux autorités, particulièrement dans le cadre des opérations urbanistiques de grande ampleur. En effet, comme le remarque à juste titre Stiglitz (2009), « *ce que nous mesurons et la manière dont nous le mesurons importe à la fois pour le choix des politiques à mener, pour la formation de nos jugements et pour déterminer ce qui fonctionne et ce qui ne fonctionne pas dans nos sociétés* » (Stiglitz, 2009: 150).

Massey et Denton (1998) ont réuni les indicateurs de la ségrégation en cinq catégories qui permettent d'apprécier différemment les processus et les situations de ségrégations (fig. 3.2).

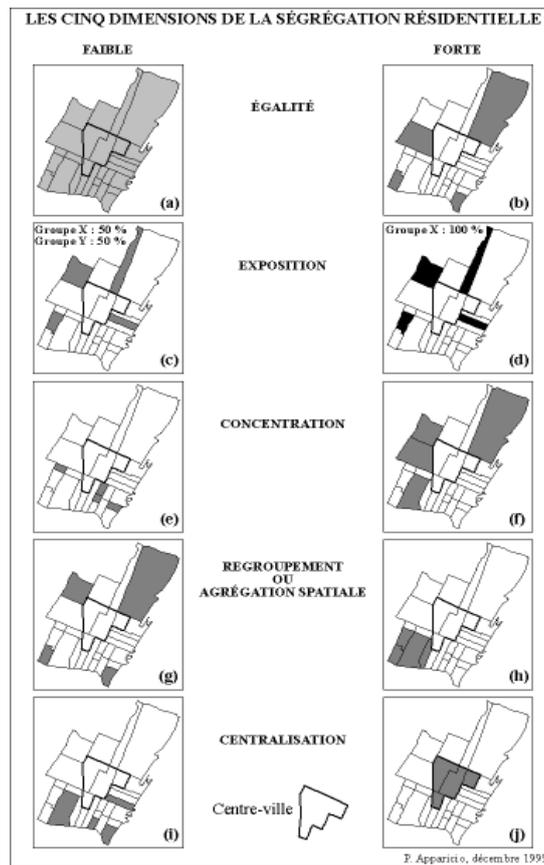


Figure 3.2: Les cinq grandes catégories d'analyse de la ségrégation selon Massey et Denton (Apparicio, 2000: 3)

Ainsi, les indices sont différenciés selon que l'on considère l'égalité, l'exposition, la concentration, le regroupement, l'agrégation spatiale ou encore la centralisation. De plus, Apparicio (2000) distingue ces indices selon qu'ils permettent des analyses:

- intra-groupes, c'est-à-dire qu'ils mesurent la répartition d'un groupe par rapport à l'ensemble de la population,
- intergroupes lorsqu'ils comparent la répartition d'un groupe avec celle d'un autre
- ou multi-groupes quand ils apportent une analyse sur l'ensemble de l'espace considéré et pour tous les groupes.

La plupart de ces indices sont cependant vivement critiqués de par leur impossibilité de prendre en compte la distribution spatiale (Reardon, O'Sullivan, 2004): par exemple, permuter les valeurs de deux unités spatiales ne modifie pas certaines mesures. À partir des années 1980, cette lacune sera comblée par la création d'indices spatiaux de la ségrégation, par exemple l'indice de Wong (1993) ou de Morill (1991). Dans la mesure où tous ces indices s'appliquent à l'espace étudié dans son ensemble, ils ne permettent pas d'obtenir une évaluation de chaque unité spatiale. Les résultats sont donc intéressants pour comprendre les dynamiques générales mais rendent difficile une interprétation différenciée selon les quartiers. Le but de notre recherche étant de montrer les évolutions différenciées des quartiers, ces indices classiques ne pouvaient être intégrés dans notre méthodologie. Il a donc été nécessaire de considérer d'autres approches statistiques.

3.1.2. Les mesures et indices de ségrégation

3.1.2.1. Le quotient de localisation

Une méthode particulièrement pertinente, élaborée initialement par Isard pour l'analyse des infrastructures économiques (Isard, 1960), permet d'observer la distribution dans chaque unité spatiale et de la comparer avec celle qui est observée sur l'ensemble du terrain d'étude. Le **quotient de localisation** permet ainsi de considérer si un phénomène est surreprésenté ou sous-représenté en comparant avec la moyenne les effectifs de chaque unité spatiale. Cet indice peut être utilisé pour mesurer la concentration géographique de n'importe quel phénomène dénombrable et son interprétation est particulièrement intéressante puisqu'il rend possible l'appréciation de la concentration des groupes sociaux: dans certains cas, on observe une dynamique de surreprésentation d'une classe sociale dans certains quartiers et on peut donc suspecter la constitution d'une communauté relativement fermée ou ségréguée; au contraire, lorsque l'indice est faible, on peut conclure à la présence d'une hétérogénéité socio-économique, élément souvent favorable à la constitution d'interactions inter et intra groupes. De plus, le quotient de localisation a pour particularité de pouvoir être analysé selon deux approches: dans la mesure où il s'agit d'une matrice, présentant les unités spatiales en ligne et les catégories en colonne, l'interprétation est différente selon le « sens de lecture ». Ainsi, lors de la lecture « en ligne », on peut analyser quelle catégorie sociale est particulièrement représentée dans chaque quartier, c'est-à-dire qu'il est possible de déterminer quelle catégorie sociale représente une proportion plus importante que ce que l'on peut observer en moyenne; tandis que dans une lecture « en colonne », il est possible d'établir quel quartier est particulièrement « spécialisé » dans une certaine catégorie sociale, c'est-à-dire que celle-ci occupe une place plus importante dans ce quartier qu'ailleurs.

Intérêt supplémentaire, le quotient de localisation permet une visualisation des phénomènes car il peut facilement être cartographié. Il s'agit là d'un élément essentiel lorsque l'on traite d'une thématique spatiale et sociale car la visualisation permet une prise en compte, une interprétation et donc une compréhension des structures spatiales présentes.

3.1.2.2. Le coefficient de dissymétrie

Le coefficient de dissymétrie (skewness) est une mesure statistique basée sur la distribution des données (référence). Ce coefficient permet de déterminer dans quelle mesure une valeur est distribuée de façon équilibrée, dans notre cas dans les différentes unités spatiales. La valeur varie de -3 à 3 selon que la distribution est respectivement décalée à droite ou à gauche. Un coefficient nul indique une distribution parfaitement symétrique, comme, par exemple, dans une distribution normale (Fig. 3.3).

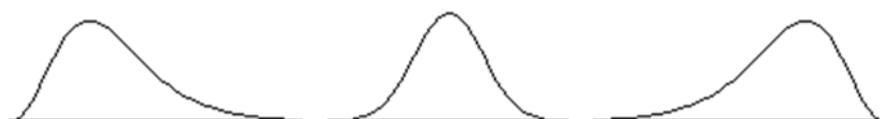


Figure 3.3 Trois distributions avec respectivement une dissymétrie positive, nulle et négative

Bien que cette mesure soit fondamentalement a-spatiale, elle permet de rendre compte de manière relativement intuitive des déséquilibres de la répartition de certains groupes. Par exemple, lorsque l'on considère la distribution du nombre d'étrangers selon les unités spatiales, un coefficient de dissymétrie fortement positif indiquera une tendance au confinement de ce groupe dans certains quartiers. Dans le cas suivant (Fig. 3.4), on peut déduire une ségrégation relativement faible puisque peu d'unités spatiales présentent un taux élevé d'étrangers alors qu'une majorité d'unités spatiales dispose d'un taux proche de la moyenne.

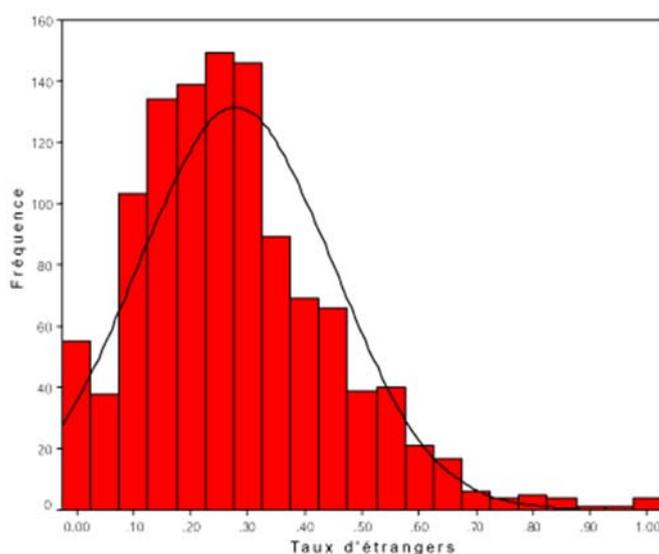


Figure 3.4 Histogramme montrant un coefficient de dissymétrie légèrement positif (0.916), indiquant un taux de ségrégation relativement bas. (Données: Lausanne, 2000. Source: André Ourednik, 2004)

Ainsi, la mesure statistique du coefficient de dissymétrie est très utile dans une approche descriptive des données et permet une première interprétation de ces dernières. Les résultats sont relativement intuitifs et se corrént très bien avec les analyses du quotient de localisation.

3.1.3. Les indices et mesures des valeurs foncières

Force est de constater que les indices et les mesures des valeurs foncières sont nettement moins développés dans la littérature et les études que pour la ségrégation. Pourtant, l'analyse des valeurs foncières (ou immobilières) peut être menée avec **l'approche hédonique** (Aveline, 2005). Cette méthode est très utilisée et combine deux aspects: toutes les caractéristiques des terrains (ou des logements) ainsi que de l'environnement sont intégrées dans des régressions linéaires multiples, puis dans des analyses de régression en composantes principales (ACP) afin de déterminer ce qui influence le plus les valeurs foncières. Incorporée à des modèles spatiaux, cette méthode hédonique permet de modéliser les valeurs et de les interpréter selon la localisation et la typologie des terrains ou des logements. Il devient alors possible de simuler la valeur des logements dans des zones dans lesquelles il n'existe pas de mesure des valeurs foncières (ou immobilières). Hormis cette méthode, il n'existe, à notre connaissance, aucun indice développé expressément pour l'analyse des valeurs

foncières. Cette dernière est cependant très complexe et fastidieuse car elle nécessite de définir un très grand nombre de variables et pour un nombre significatif d'observations, ce qui la rend difficilement intégrable dans une recherche telle que la nôtre. En effet, dans notre étude, les valeurs foncières sont intégrées en tant que paramètre du modèle et nous cherchons à démontrer qu'il existe des relations d'influence entre ces valeurs et ce qui se trouve sur les terrains et dans l'environnement de ceux-ci. De plus, nous postulons que l'évolution de ces valeurs peut être considérée d'un point de vue systémique, c'est-à-dire que la modification de la valeur foncière en un endroit précis peut influencer l'entier du système. Pour ces raisons, nous avons abouti à la conclusion qu'une statistique simple mais très explicite était suffisante pour rendre compte de l'évolution des valeurs foncières: la valeur moyenne des logements.

Une dernière approche a été retenue et permet d'analyser non seulement les dynamiques sociales mais également les valeurs foncières: l'autocorrélation spatiale.

3.1.4. L'autocorrélation spatiale

L'autocorrélation spatiale est une mesure particulièrement intéressante car elle permet de déterminer la modalité de la répartition spatiale de n'importe quel phénomène. En effet, cette analyse spatiale vise à établir si une configuration (un *pattern*) peut être observée, c'est-à-dire si la distribution des valeurs d'un phénomène considéré dépend des proximités spatiales entre les régions. Cette autocorrélation est positive dans le cas où des valeurs sont plus proches (ou négative si elles sont éloignées) lorsqu'elles sont prises sur deux régions voisines plutôt que sur deux régions prises au hasard. Pour ce faire, on considère une variable, par exemple le nombre de personnes appartenant aux différents groupes dans chaque sous-région de l'espace considéré et l'on effectue des mesures d'autocorrélation. Cette mesure permet de déterminer si le champ spatial (la variable de densité sur les régions) est continu ou non, en d'autres termes, si sa variation est exempte de discontinuités fortes. La théorie sous-jacente à ce modèle est bien résumée par la célèbre phrase de Tobler (1970): « *Everything is related to everything else, but near things are more related than distant things* ». (Tobler, 1970: 3).

L'autocorrélation globale est mesurée grâce à ***l'indice I de Moran*** (Bavaud, 2005)

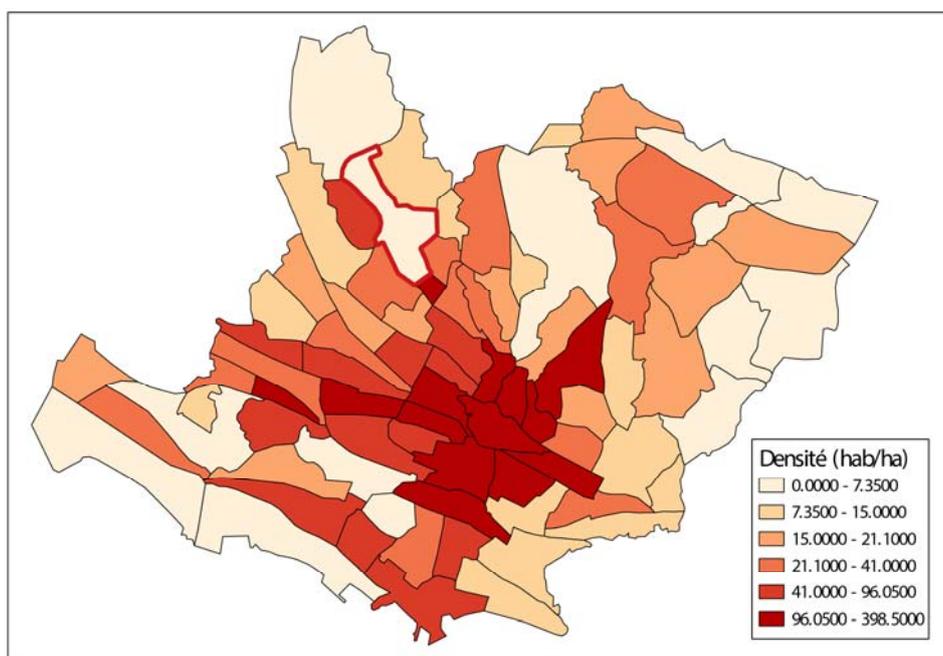


Figure 3.5 Exemple d'un phénomène (densité résidentielle dans les quartiers lausannois) dont l'autocorrélation spatiale a une valeur positive (I de Moran de 0.38) (Steppacher, 2014)

Un indice d'autocorrélation local, LISA (Local Indicator of Spatial Association) a également été développé par Luc Anselin (1995), et « permet d'étudier le regroupement spatial significatif de valeurs similaires ou dissimilaires autour de chaque unité spatiale » (Tovar, 2010: 123). Chaque unité spatiale est analysée et la valeur de son indice dépend de ce qui se trouve dans son voisinage immédiat.

L'intérêt de l'autocorrélation spatiale globale et locale est de pouvoir donner une valeur à répartition spatiale d'un phénomène. Cela rend ainsi possible la comparaison entre des situations qui, ne présenteraient pas de similitude apparente, ou, au contraire, qui seraient très semblables. Cette analyse permet également de confirmer ou d'infirmer la présence d'un « pattern ».

Dans le cadre de notre recherche, nous utiliserons la mesure d'autocorrélation globale afin d'apprécier le degré d'organisation des groupes sociaux et des valeurs foncières; nous utiliserons l'autocorrélation locale afin de rendre plus intelligible cette organisation grâce à la cartographie de cette mesure.

Nous avons décrit les différentes mesures et analyses qui seront menées en amont, durant et après les simulations. Ces méthodes variées permettront de caractériser le système urbain dans son état initial et d'analyser son évolution selon différents scénarios, notamment l'intégration du nouveau quartier des Plaines-du-Loup, ou la variation des paramètres (tolérance, distance des influences). Les résultats des analyses permettront de déterminer l'influence de ces paramètres sur la ségrégation et sur le marché du logement à Lausanne ainsi que le rôle du projet urbain Métamorphose. Nous devons maintenant entrer plus en détail sur les simulations, notamment concernant la « construction » du modèle, c'est-à-dire l'environnement, les entités et les règles qui y seront intégrés.

3.2. Simulations informatiques: les modèles et leurs usages

La construction des modèles de simulation repose sur une longue tradition. Si l'origine des simulations remonte aux années cinquante, les progrès informatiques ont décuplé leurs potentialités et leur efficacité, notamment en termes de rapidité de calcul, permettant ainsi la simulation de systèmes de plus en plus complexes.

3.2.1. Automate cellulaire et systèmes multi-agents

Le modèle que nous avons élaboré s'appuie sur deux technologies fondamentales des systèmes de simulations, les automates cellulaires et les systèmes multi-agents.

3.2.1.1. Les automates cellulaires

Les automates cellulaires sont les plus anciens systèmes de simulations et sont directement issus des recherches initiées par Turing (1936). En effet, l'un des principaux théoriciens des automates cellulaires, Von Neumann, s'est largement inspiré des principes fondamentaux des machines de Turing, notamment les principes d'universalité (Nazim, 2001, Von Neuman, 1948). Nous n'entrerons pas plus loin dans les détails formels de ces modèles et renvoyons à la littérature à ce sujet (Nazim, 2001). Retenons que le terme d'automate cellulaire provient de la caractéristique du simulateur, à savoir une grille à deux dimensions, dont les cellules peuvent posséder un ou plusieurs états et agir les unes sur les autres par voisinage. Le système est dynamique car les cellules peuvent changer d'état. L'automate cellulaire le plus célèbre est celui du jeu de la vie et les nombreux travaux qui lui sont dédiés depuis son invention en 1970 par John Conway (Gardner, 1970), prouvent l'intérêt conceptuel et technique de ce type de modèle de simulation.

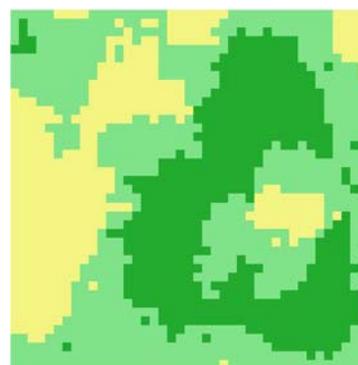
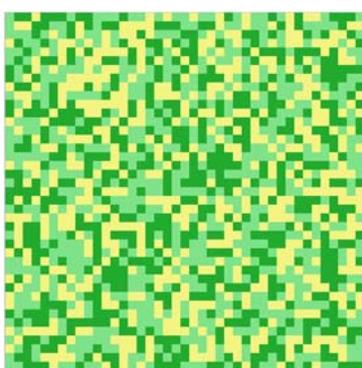


Figure 3.6 et Figure 3.7 Exemples d'automates cellulaires: une distribution aléatoire de trois valeurs (à gauche). Une répartition des trois valeurs suivant des règles restrictives de proximité (à droite).

Du point de vue de leur application, les automates cellulaires ont été utilisés dans de nombreux domaines (Yan Lui, 2009), notamment en sciences fondamentales (Chopard, Droz, 1998), ainsi qu'en urbanisme (Batty, 1997, 2005 ; Caruso [et alii] 2005, 2007, 2011) dont les premiers modèles ont traité

du trafic routier (Nagel, Schreckenberg, 1992). Depuis, le perfectionnement et l'amélioration des capacités de calcul des ordinateurs stimulent les applications et les recherches, notamment en urbanisme: la grille reproduit l'espace et les cellules peuvent interagir.

3.2.1.2. Les systèmes multi-agents

Le principe central du système multi-agents consiste à modéliser les rapports entre de nombreuses entités virtuelles, les agents qui sont mobiles, à l'inverse de l'automate cellulaire où les cellules sont fixes. Ceux-ci ont « conscience » des autres agents et peuvent donc communiquer et interagir. Lorsque cette communication est modulée par des règles intégrées au modèle, la simulation permet de rendre compte des effets systémiques de l'application conjointe de ces règles faisant émerger des processus collectifs de groupe (Fig. 3.8 et 3.9).

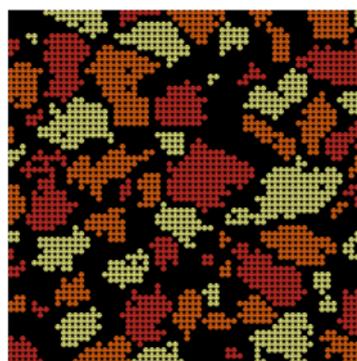
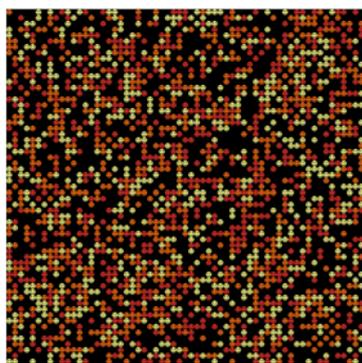


Figure 3.8 et **Figure 3.9** Exemples de systèmes multi-agents: répartition aléatoire de trois catégories d'agents (à gauche). Répartition des trois catégories d'agents selon des règles restrictives de proximité (à droite).

L'un des premiers modèles théoriques qui a été transposé dans un système multi-agent est le modèle de Schelling avec sa théorie de la tyrannie des petites décisions (1980). À l'instar des automates cellulaires, les simulations utilisant des systèmes multi-agents touchent de nombreux domaines (Itzhak, Toressens, 2004 ; Banos, Abhimanyu, Lassare, 2005 ; Banos, Charpentier, 2007 ; Arsanjani, 2012) mais la potentialité de modéliser l'espace et les agents offre un outil pertinent et précieux pour les géographes. Ainsi, notamment dans le domaine de l'urbanisme, l'utilisation de système multi-agents a pour principal intérêt de cumuler les aspects spatiaux avec des dynamiques humaines. Il s'agit donc d'excellents systèmes pour extrapoler les incidences de comportements individuels en regard d'une certaine configuration spatiale. Toutefois, les limites de ces systèmes proviennent de leur fondement même: la modélisation de comportement et de prise de décision est limitée à la capacité à les réduire à des schémas et des règles parfois simplifiés. Finalement, les systèmes multi-agents permettent de prendre en compte la dimension temporelle et rejoignent donc la panoplie des outils liés aux scénarios et à la prospective.

3.2.2. Construction du modèle de simulation: couplage d'un automate cellulaire et d'un système multi-agent

Le modèle de simulation que nous construisons couple un automate cellulaire qui permet de décrire l'espace inégal du point de vue foncier et son évolution, ainsi qu'un système multi-agents qui représente les habitants mobiles (Fig.3.10). Notre modèle est donc composé de deux entités: des cellules et des agents. Chaque entité dispose d'une caractéristique principale qui permet de les différencier entre elles. Le modèle intègre également des règles qui permettent de faire interagir les entités et donc évoluer le système.

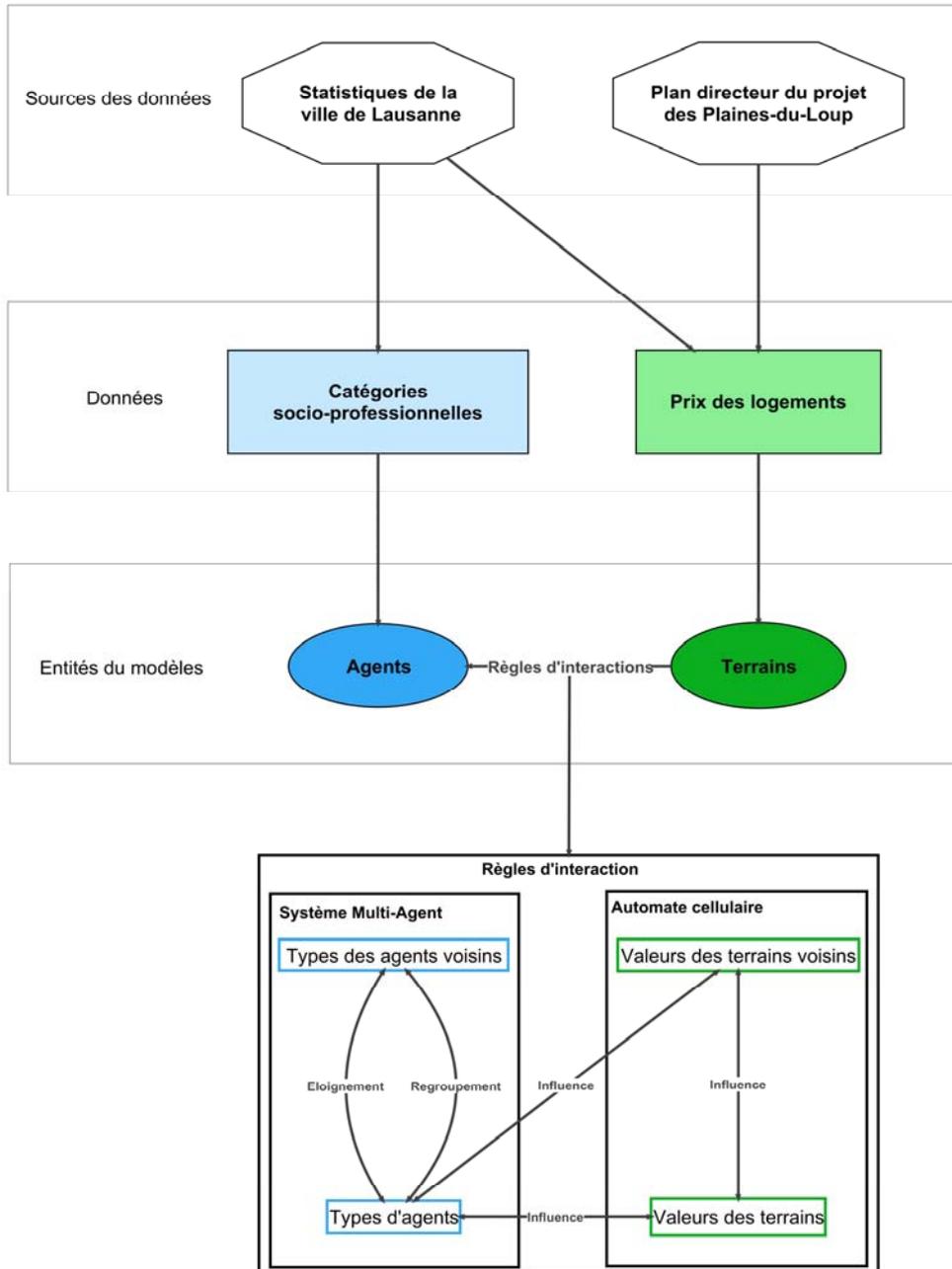


Figure 3.10 Le modèle de simulation couplant automate cellulaire et système multi-agents: caractéristiques des entités et règles d'interaction

3.2.2.1. Définition et caractéristiques des entités et de l'espace du modèle.

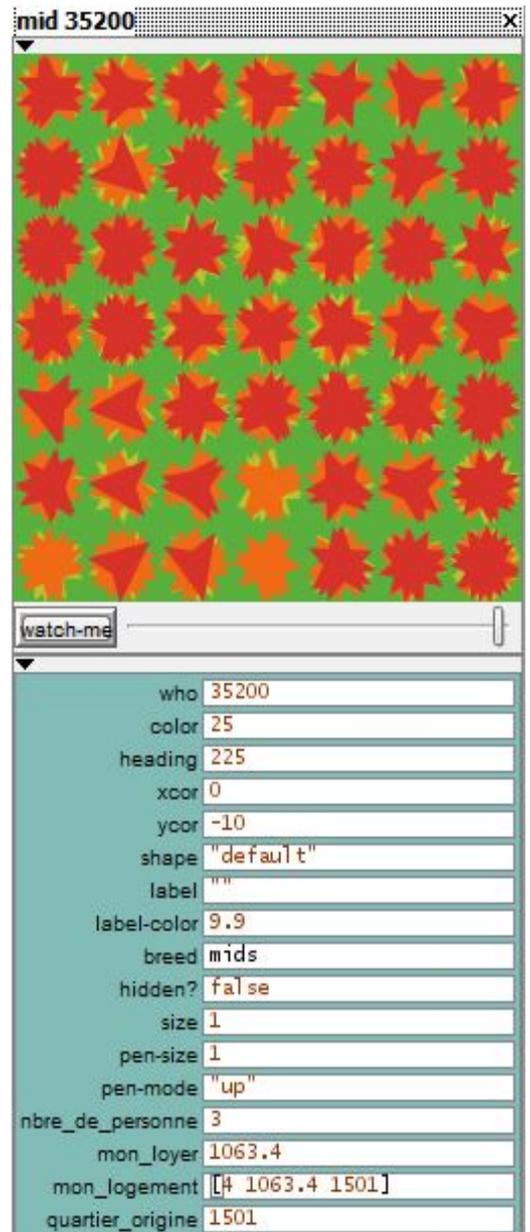
Pour que le modèle soit opérationnel, nous devons définir les caractéristiques des entités du modèle, les agents et les cellules. Pour ce faire, nous utilisons les statistiques provenant du Plan directeur des Plaines-du-Loup et de la ville de Lausanne. Grâce à ces données, nous pouvons attribuer une valeur aux différentes caractéristiques des entités.

Concernant les agents, précisons qu'il s'agit de ménages, c'est-à-dire qu'un agent représente une ou plusieurs personnes (Fig. 3.11). En effet, nous avons choisi de prendre le ménage comme plus petite unité et non pas les individus car il s'agit du regroupement le plus basique mais le plus riche en information. Nous pouvons ainsi prendre en compte les enfants ou les personnes âgées lors de l'attribution de la caractéristique principale du ménage, l'appartenance à une des trois catégories socio-économiques:

- la classe supérieure
- la classe moyenne
- la classe inférieure

Figure 3.11: Exemple d'un agent dans le modèle de simulation :

- Ménage appartement à la classe moyenne (mids)
- 3 personnes dans le ménage
- Appartement de 4 pièces, dont le loyer est de 1063.4 CHF et qui est situé dans le quartier statistique 1501



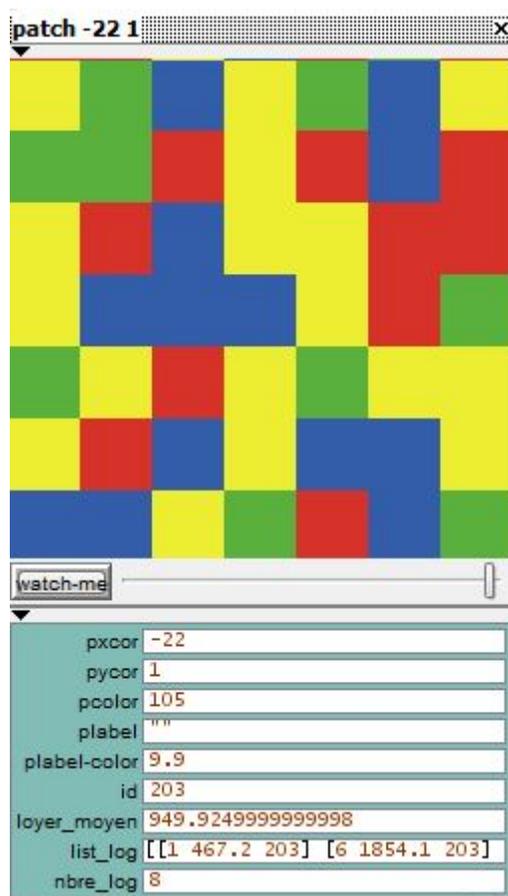
Quant aux cellules du modèle, elles peuvent être considérées comme des terrains ou des parcelles. Il existe deux types de cellules:

- Les cellules standards sur lesquelles peuvent se localiser des agents et des logements.
- Les cellules vides: elles représentent les espaces verts où les terrains extérieurs aux frontières communales de Lausanne. Ces cellules n'ont aucune valeur et rien ne peut s'y localiser.

La caractéristique principale d'une cellule est de pouvoir accueillir des logements. Nous détaillerons dans le chapitre suivant la méthode précise pour reconstituer les appartements de la ville de Lausanne.

Figure 3.12: Exemple d'une cellule dans le modèle de simulation:

- 8 appartements sur cette cellule
- Liste de ces 6 appartements: chacun avec le nombre de pièces (par ex. 1) et le loyer (par ex. 467.2 CHF).



Quant à l'espace global de notre modèle (Fig. 3.13), il s'agit d'une grille orthogonale où chaque maille (ou cellule) représente une surface d'environ 30 mètres carrés. Le territoire de la commune de Lausanne est subdivisé en quartiers dont la géométrie correspond aux relevés officiels. Sur chaque cellule standard, plusieurs logements et agents peuvent être présents; on peut alors considérer chaque maille comme un bloc de bâtiments ou une grande parcelle. Pour des raisons de faisabilité, la localisation des agents et des logements est générée de manière aléatoire, tout en respectant les valeurs à l'échelle du quartier. Le modèle de simulation peut donc être considéré comme une carte « pixelisée » représentant les quartiers de Lausanne. Chaque pixel est une cellule qui représente un terrain sur lequel peuvent prendre place une ou plusieurs entités.

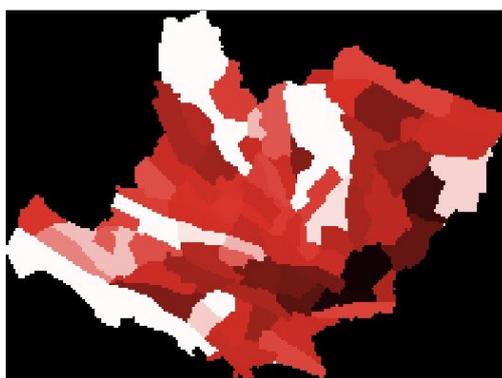


Figure 3.13. Vue générale du modèle: la ville de Lausanne (carte choroplèthe: loyer moyen par quartier).

3.2.2.2. Règles d'interactions

Les règles d'interactions sont directement liées aux concepts que nous avons retenus comme centraux pour comprendre le système socio-spatial en milieu urbain ainsi que la répartition des valeurs des logements et servent à paramétrer le modèle:

Interactions entre les agents:

- Le modèle évalue en permanence l'environnement de chaque agent. Une règle dite « de tolérance » est fixée et évalue le nombre minimum d'agents semblables qui est nécessaire pour satisfaire les agents. Cette règle correspond à la tendance générale à privilégier un environnement correspondant à son identité. L'agent peut rester dans son logement à condition que cette règle de tolérance soit remplie. Dans le cas contraire, on peut parler d'insatisfaction résidentielle et l'agent doit choisir un nouveau logement adapté à ses moyens.

Interactions entre les habitants et les parcelles:

- Les agents appartiennent à l'une des trois classes socio-économiques présentes dans le modèle. Conceptuellement, la composante sociale joue un rôle lors de l'interaction entre les agents, alors que la composante économique renseigne sur la capacité financière différente de chaque agent et qui influe de manière restrictive sur le choix résidentiel. De fait, les agents ne peuvent emménager que dans les appartements qui sont « financièrement adaptés » à leur catégorie socio-économique. Cette règle est présente sous la forme de deux paramètres:
 - o Loyer maximum pour la classe inférieure
 - o Loyer maximum pour la classe moyenne
- L'appartenance à une catégorie socio-économique influence également la valeur foncière et cette règle est donc présente dans le modèle. L'influence est positive ou négative selon la classe sociale de l'occupant (cf. point 3.3.2)

Nous allons maintenant décrire la manière dont se dérouleront les simulations et nous expliciterons comment nous interpréterons les différents paramètres, la variation de leur valeur, les règles générales et les règles d'interactions.

3.3. Simulations, prospective et scénarios: trois méthodes réunies pour générer et interpréter des résultats

Nous tenons à revenir sur un positionnement conceptuel qui régit notre recherche. Il s'agit de l'utilisation de scénarios pour effectuer les variations des configurations du modèle et de la vision prospective pour l'interprétation des résultats. Dans notre cas, les scénarios servent à traiter la multiplicité des paramètres et à mettre en place une méthode pour tester leurs influences. Cela nous a amené à concevoir un modèle qui permet, du point de vue pratique, de varier les valeurs des paramètres (par exemple la distance d'influence entre les entités), ce qui permet de programmer le modèle pour correspondre à des contextes spécifiques ou des conditions initiales particulières (par exemple un degré de tolérance faible ou une hausse des loyers) et d'en tester les influences sur l'évolution du système: à chaque combinaison de paramètres correspond un scénario précis. Les scénarios peuvent appartenir à deux catégories: les scénarios normatifs (comment arriver à telle situation) ou les scénarios exploratoires (qu'obtient-on avec tels paramètres de base).

Quant à la prospective, elle conditionne nos interprétations dans la mesure où nous estimons que les simulations que nous menons sont fondamentalement non linéaires car la complexité des interactions simultanées du modèle aboutit logiquement à des répercussions systémiques, et donc non linéaires, voire parfois des bifurcations. Ce point de vue nous amène donc à considérer notre recherche comme une aide à la réflexion sur les points de tensions qui sont présents dans un système urbain et dont nous tentons de définir l'importance et l'étendue des effets.

En cumulant l'approche des scénarios et la prospective, notre modèle peut être défini comme un outil réflexif. Les modalités des différents scénarios qui peuvent être testés reposent sur les procédures et le calibrage du modèle. Les paramétrages du modèle sont décisifs et influencent les résultats.

3.3.1. Description générale de la procédure de simulation

Comme nous l'avons préalablement défini, le modèle de simulation qui a été élaboré prend en compte deux types d'entités, les terrains et les agents. Les entités interagissent entre elles selon les règles décrites précédemment et les effets systémiques produisent des dynamiques transformant la configuration spatiale des terrains et des habitants.

L'une des hypothèses sous-jacente est que l'état initial du modèle joue un rôle important et peut également être considéré comme le résultat d'une dynamique systémique qui a abouti à la configuration spatiale observée. L'intégration d'un facteur « perturbateur » majeur, en l'occurrence la construction du quartier des Plaines-du-Loup, peut potentiellement générer un bouleversement du système entier que le modèle peut simuler. Une fois le système à nouveau équilibré, ou après un certain temps, l'analyse des caractéristiques démontrera les effets des paramètres sur la ségrégation ainsi que sur les valeurs foncières.

Générer l'état initial est le plus complet en termes de données à intégrer car le but est de reproduire un système statistiquement fidèle au cas empirique. Nous reviendrons dans le chapitre suivant sur les données en elles-mêmes et nous présentons maintenant les modalités d'initialisation, notamment certaines règles de base du modèle.

3.3.2.1. Initialisation du modèle

Lors de l'initialisation du modèle, les procédures suivantes sont effectuées:

- Création du terrain
- Création et placement des appartements sur le terrain
- Création des ménages et placement dans les logements

Lorsque l'état initial est généré, le modèle est statistiquement identique aux données officielles de la ville de Lausanne pour les points suivants et à l'échelle du quartier statistique:

- Nombre de ménages
- Compositions desdits ménages (nombre de personnes)
- Nombre de pièces par personne
- Valeurs des logements selon le nombre de pièces

Nous soulignons le fait que le nombre de logements ne peut être absolument identique aux données officielles car ces dernières ne sont pas exhaustives et diffèrent du nombre de ménages ce qui est incohérent. Ainsi, dans le modèle, le nombre de logements est équivalent au nombre de ménages. S'y rajoutent les logements libres recensés à Lausanne (environ 0.15 %): ils sont intégrés au modèle une fois les ménages créés et placés.

Lors de l'initialisation, rappelons que le placement des agents et des logements est effectué de manière aléatoire entre les cellules qui composent chaque quartier.

Concernant l'environnement social, nous pouvons nous interroger sur les insatisfactions actuelles qui sont liées au voisinage, c'est-à-dire dans notre modèle, lors de l'état initial. En effet, nous avons choisi de ne pas contraindre le modèle à localiser les agents suivant leur appartenance à une catégorie sociale, cette restriction devant influencer dans un deuxième temps, c'est-à-dire lorsque le modèle génère les interactions entre les agents lors de chaque itération.

3.3.1.2. Déroulement d'une itération

Le principe d'une simulation est de générer un certain nombre d'itérations afin de pouvoir constater l'évolution du système. Chaque itération doit suivre un déroulement précis et systématique (Fig. 3.14).

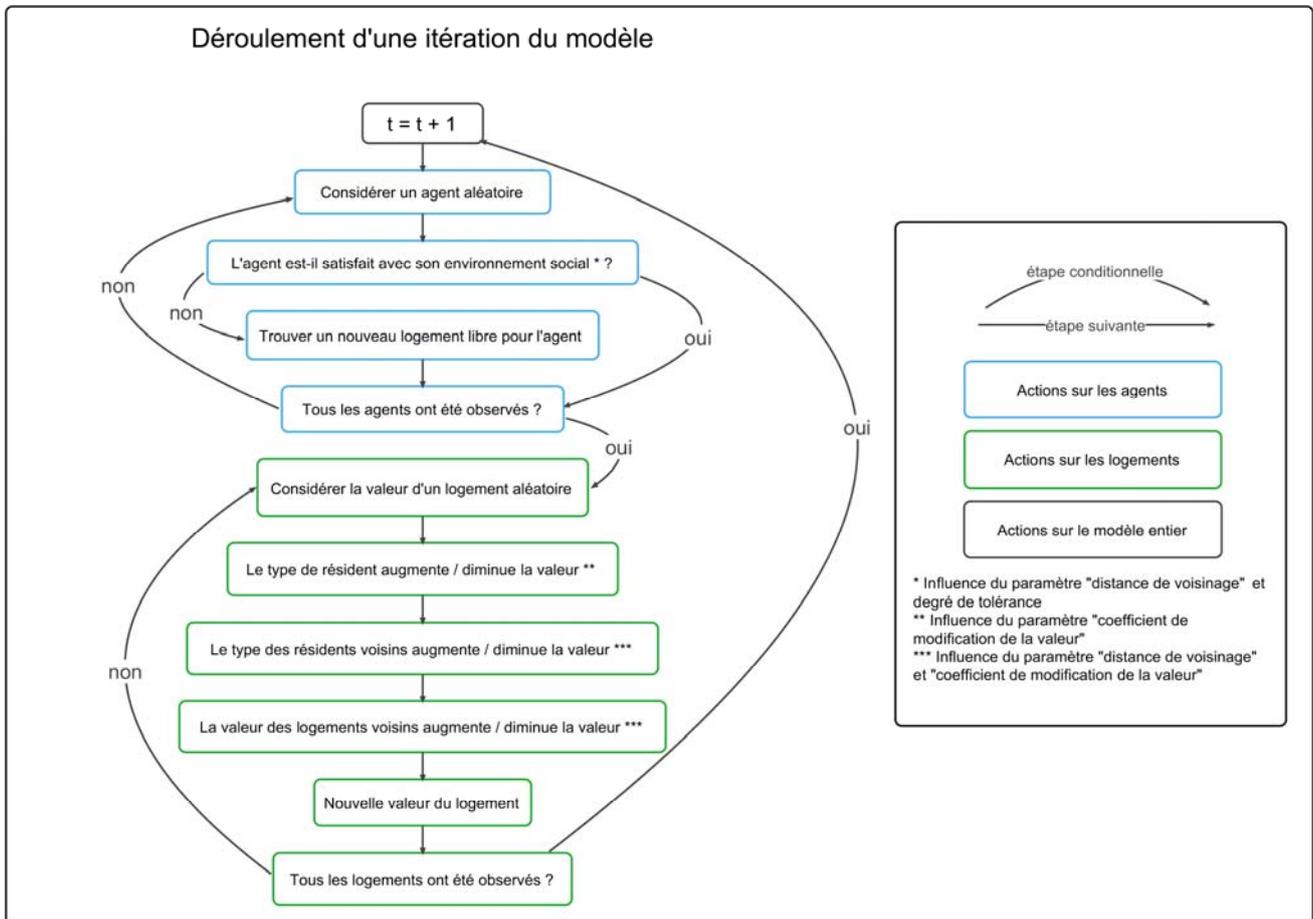


Figure 3.14 Déroulement d'une itération de la simulation

Le choix a été fait de considérer en premier lieu les agents et de déterminer leur adéquation avec leur environnement social, plus précisément les caractéristiques socio-économiques des agents à proximité. Si cet environnement n'est plus en adéquation, l'agent considéré doit choisir un nouveau logement; le nouvel habitat doit uniquement satisfaire à la capacité financière de l'agent car nous postulons que l'adéquation avec l'environnement social ne peut pas être évaluée avant que l'agent ait résidé dans son nouveau logement (au moins pendant une itération).

Lorsque tous les agents ont été observés, le modèle prend en compte chaque terrain pour établir sa valeur: il la modifie selon la classe de son de résident et celles des résidents présents dans le voisinage. Une fois tous les agents et tous les terrains considérés, le système a effectué une itération complète et la procédure recommence. On peut d'ores et déjà envisager que le système, dans son état initial, n'est pas stable, c'est-à-dire que les règles amèneront des modifications dès les premières

itérations ce qui générera des répercussions systémiques. Dans cette perspective, il est possible d'observer:

- Si de nouveaux équilibres sont possibles, c'est-à-dire lorsque le système ne se transforme presque plus.
- Les paramètres qui génèrent ces nouveaux équilibres;
- Les paramètres entraînant des dynamiques n'admettant pas de stabilisation.

Nous décrivons maintenant les paramètres, leur interprétation et la variation de leur valeur.

3.3.2. Les paramètres du modèle

Nous avons intégré deux types de paramètres:

- des paramètres à valeur discrète: « Distance de tolérance », « Distance d'influence » et « Degré de tolérance ».
- des paramètres à options: « Plaines-du-Loup », « Limite des loyers » et « Dynamique foncière »

Les paramètres à valeur discrète peuvent être modifiés directement afin d'observer leur influence sur l'évolution du système:

- La « distance de tolérance » et la « distance d'influence » sont deux paramètres différents mais qui fonctionnent de la même manière. Ils se définissent comme le rayon d'influence et déterminent le nombre de mailles ou d'agents sur lesquelles une influence a lieu. Il s'agit d'une distance propre au modèle qui se rapproche des voisinages dits « de la tour » (vertical ou horizontal) et « de la reine » (en diagonale). La valeur de ces paramètres peut varier de 0 à 5, ce qui correspond à une distance de 0 à 150 mètres. Cette distance peut sembler relativement faible mais correspond, selon nous, à la distance d'un voisinage immédiat et donc susceptible d'entrer en interaction directe

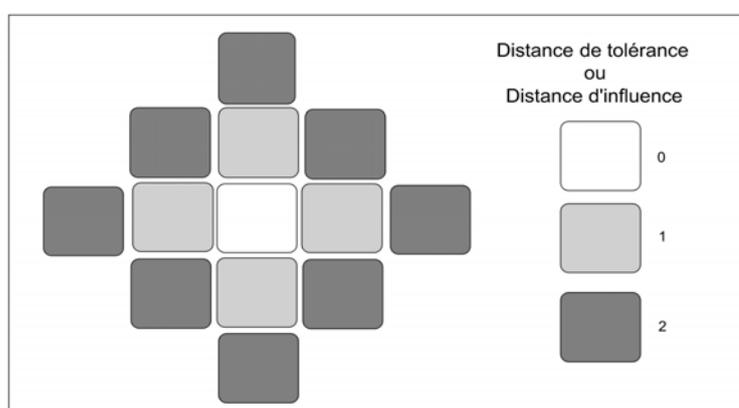


Figure 3.15. Les paramètres « distance de tolérance » et « distance d'influence »

- Le « degré de tolérance » est un pourcentage compris entre 10 % et 100 %. Il s'agit de la proportion minimale d'agents situés dans la « distance de voisinage » et appartenant au même groupe qui doit être atteinte pour que la condition « l'agent est satisfait avec son environnement » soit remplie. En d'autres termes, le modèle calcule pour chaque agent le pourcentage d'agents lui ressemblant et se situant dans un périmètre donné. Si ce taux est suffisant (supérieur ou égal au degré de tolérance), l'agent est « satisfait ».

Les paramètres à options sont des choix de valeurs qui ont été imposés à certains paramètres par exemple, la manière dont sont calculées les augmentations des loyers en fonction des règles d'interactions, ou la manière dont la capacité financière des agents est évaluée:

- Le paramètre « Plaines-du-Loup » détermine si les logements de ce quartier sont intégrés au modèle ou non.
- La « Dynamique foncière » fixe le taux d'augmentation maximal que peuvent subir les logements à chaque changement de locataire. En d'autres termes, ce paramètre fixe la différence maximale qui peut exister entre le loyer et le loyer « théorique ». Le loyer théorique varie selon un paramètre « caché » que nous avons choisi de garder fixe: le coefficient de modification de la valeur. Celui-ci détermine l'évolution du prix de chaque logement. À chaque itération, une évaluation de l'environnement est effectuée pour chaque logement et aboutit au calcul suivant:
 - o Le nombre d'agents appartenant à la classe supérieure est calculé
 - o Ce nombre est diminué du nombre d'agents appartenant à la classe moyenne puis du nombre d'agents appartenant à la classe inférieure.
 - o On ajoute 100 à ce résultat. Cette valeur, désormais supérieure ou inférieure à 100 est le « coefficient de modification de la valeur ». Celui-ci multiplie le loyer actuel pour déterminer un loyer « théorique ». Ce loyer « théorique » remplacera le loyer du logement lors du changement de locataire.
- La « Limite des loyers » influence les paramètres « Loyer maximum pour la classe inférieure » et « Loyer maximum pour la classe moyenne ». Plusieurs types de calcul existent pour fixer ces deux valeurs et nous expliquerons dans le chapitre 5 les valeurs qui ont finalement été retenues.

3.3.3. L'introduction de « l'élément perturbateur » et les scénarios

Une fois le système initialisé, le paramétrage peut intégrer (ou non) le quartier des Plaines-du-Loup à la simulation. Le cas échéant, les caractéristiques du projet sont intégrées au modèle et localisées: les valeurs des logements, le nombre et le type de logements (nombre de pièces). Les simulations sont menées selon le déroulement standard et, de même que pour l'évolution de l'état initial, les incidences des différents paramètres seront évaluées. Plusieurs expériences seront alors nécessaires pour tester tous les paramétrages possibles.

Les paramètres à disposition permettent de prévoir quelques scénarios généraux qui devront être testés. En effet, si l'on définit, par exemple, que chaque agent veut être entouré d'un grand nombre d'agents similaires, le système devrait aboutir à une situation où les agents sont très nettement séparés selon leur classe sociale.

Dans une réflexion « exploratoire », on peut se demander quels sont les résultats auxquels le système va aboutir en modifiant uniquement la valeur d'un seul paramètre à la fois, par exemple la « distance de tolérance », et en observant les effets systémiques qui sont alors générés.

La méthodologie étant complètement décrite, nous pouvons désormais décrire les données qui sont intégrées au modèle.

Partie II. Simulation des dynamiques et analyses des impacts sur l'ensemble de la ville de Lausanne

4. Les données utilisées pour la simulation

Maintenant que nous avons défini notre problématique, élaboré notre base théorique et conceptuelle, puis précisé notre méthodologie, nous décrivons le cas d'étude choisi qui génère les données de notre modèle.

Le futur quartier lausannois des Plaines-du-Loup a retenu notre attention, car le contexte général dans lequel ce projet s'insère est particulier et nous y revenons brièvement (4.1).

Nous avons choisi de différencier les agents selon les caractéristiques socioprofessionnelles et les terrains selon les prix des loyers. En conséquence, nous présenterons les données originales qui servent à paramétrer ces entités (4.2). Cette récolte de données est également l'occasion de dresser un bilan de la situation actuelle des dynamiques sociales et foncières à Lausanne.

Cette description du contexte lausannois à diverses échelles que nous effectuerons dans ces deux premières parties nous permettra de générer une partie des données qui seront utilisées pour paramétrer le modèle de simulation. L'autre part des données est fournie par le programme du projet que nous présenterons et dont nous extrairons les données (4.3).

Nous pourrons définir ainsi l'«état initial» qui servira de point de référence et de comparaison lorsque les simulations auront été menées à terme.

4.1. Contexte général: Lausanne, capitale cantonale au cœur d'une des plus grandes agglomérations suisses

Le dynamisme du bassin lémanique est reconnu et il est considéré comme l'un des trois «espaces métropolitains» du pays (Fig. 4.1), avec Zurich et Bâle. La constitution de ces espaces est fortement liée à la structuration du système urbain suisse qui s'est renforcée après la construction des axes de transports ferroviaires à la fin du 19^e siècle (Walter, 1994).

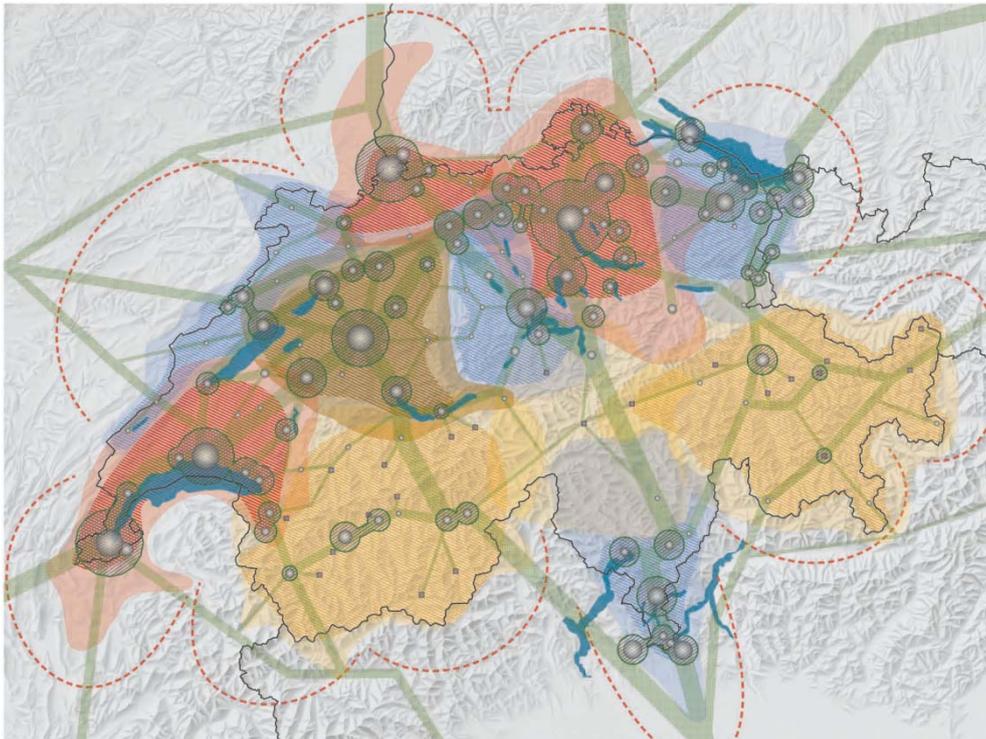


Figure 4.1: Les espaces métropolitains en Suisse (Projet de territoire Suisse, 2012)

Lausanne occupe une position stratégique de par son emplacement sur deux axes de communication très importants à l'échelle nationale et internationale (ouest-est et nord-sud). Cette position stratégique aux diverses échelles confère à la capitale vaudoise une forte attractivité en raison de cette accessibilité, c'est-à-dire une potentialité d'atteindre et d'être atteinte facilement (Bavoux, 2005).

À l'échelle de l'agglomération, le système urbain s'étend de Morges à Pully avec une urbanisation quasi continue. Le centre de Lausanne constitue le pôle principal tandis que Renens, Morges et Pully sont trois centres urbains secondaires (Fig. 4.2). On peut observer à nouveau l'effet structurant des axes de transport.

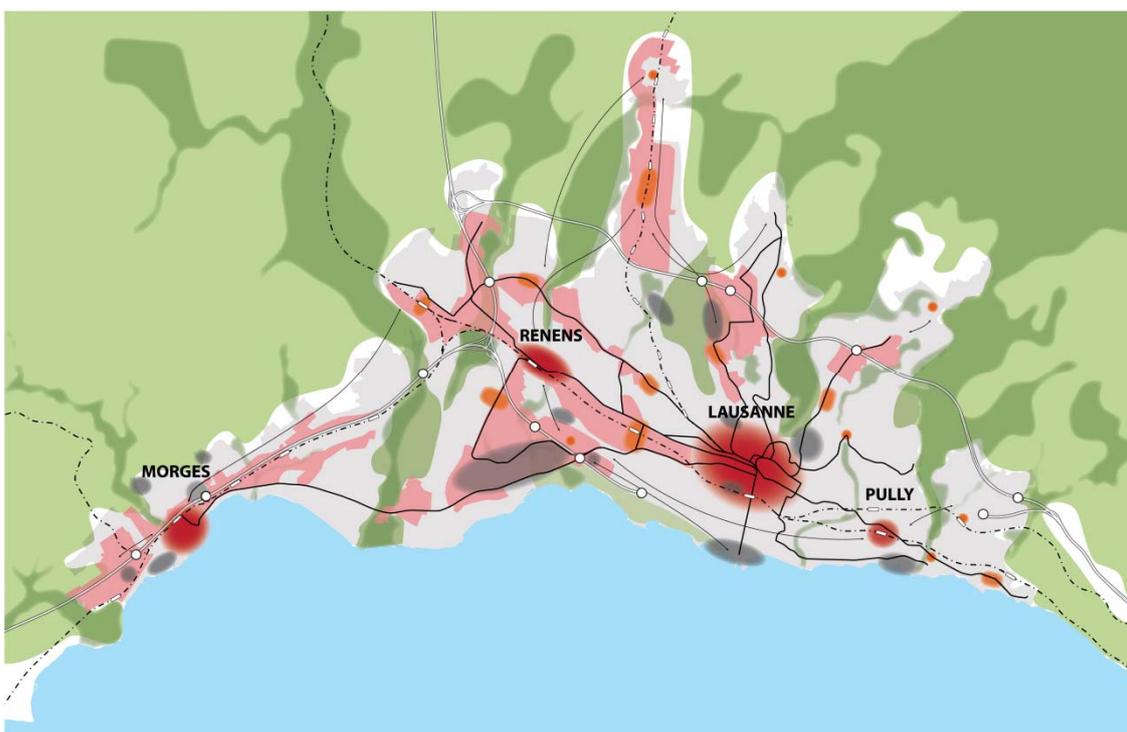


Figure 4.2: L'agglomération lausannoise (PALM, 2012)

4.1.1. Les principales dynamiques démographiques et économiques de l'agglomération lausannoise

Le nombre d'habitants et d'emplois illustre l'importance démographique et économique de l'agglomération en regard du canton de Vaud (Tab. 4.1).

Tableau 4.1: Habitants et emplois dans l'agglomération lausannoise et le canton de Vaud (source: OFS, 2010)

	Habitants (2010)	Emplois (2010)
Agglomération lausannoise	334'000 (44 %)	189'500 (55 %)
Canton de Vaud	743'000 (100 %)	340'000 (100 %)

Cette importance démographique et économique renforce ainsi l'attractivité de l'agglomération et particulièrement celle de son centre, Lausanne. Les effets de cette attractivité, et particulièrement celle du centre lausannois, s'expriment, selon le PALM (2012), par une croissance démographique annuelle de l'agglomération lausannoise de 2000 à 2007, de 1.4 %, contre 0.8 % pour l'espace métropolitain vaudois. Cette évolution est interprétée comme «un rattrapage», car, pendant les années 1930 à 1970, l'exode rural avait vidé les campagnes. La périurbanisation des dernières décennies a quasiment rétabli l'équilibre antérieur. De plus, la politique du logement engagée depuis une dizaine d'années a favorisé un mouvement de retour en ville. (PALM, 2012: 38)

Ce phénomène s’observe notamment lorsque l’on considère les effectifs de la population lausannoise, qui connaît une baisse relativement marquée entre 1980 et les années 2000. L’explication est relativement classique et consiste à voir dans cet exode urbain la tendance au départ des familles pour les communes périphériques limitrophes. Cette diminution s’explique également par l’importance croissante du centre lausannois en tant que pôle d’activité: les locaux commerciaux ont remplacé les logements et les changements d’affectation de ce type ont été très nombreux durant la période 1970-2000.

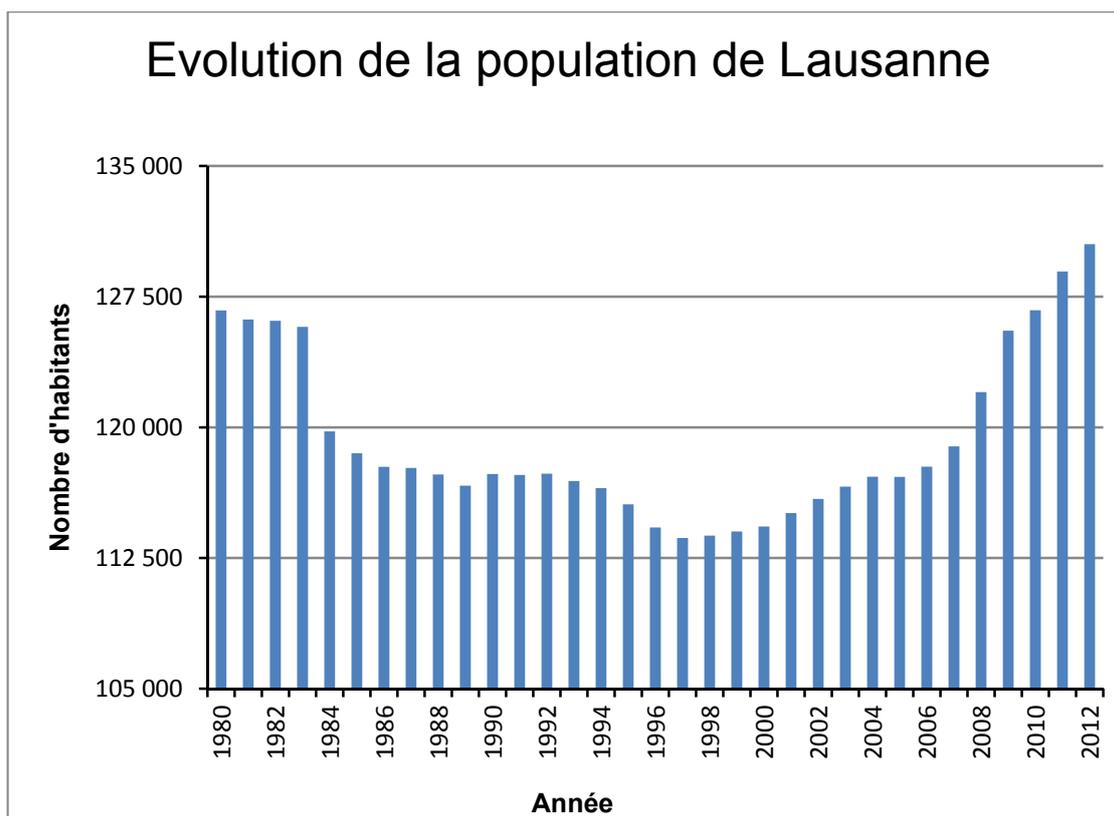


Figure 4.3: Évolution démographique de la commune de Lausanne, 1980-2012 (source: OFS, 2012)

Cette pression immobilière n’a pas été compensée par un nombre suffisant, de nouvelles constructions ce qui occasionne un taux de logements vacants extrêmement faible depuis une dizaine d’années. Ces divers facteurs permettent d’expliquer l’augmentation des loyers constatée dans l’agglomération lausannoise: selon la ville de Lausanne, les prix des logements auraient augmenté de 50 % entre 2007 et 2011 alors que l’indice des prix à la consommation n’a augmenté que de 3 %. La ville conclut ainsi: «*il ressort que les logements aujourd’hui disponibles sont trop chers pour une majorité de la population*» (Ville de Lausanne, 2014).

Ce constat d’une diminution de la diversité des fonctions dans le centre de l’agglomération est partagé et constitue l’un des objectifs de développement des plans d’agglomération actuels: «*La première richesse de l’agglomération est sa diversité, qui découle de la mixité fonctionnelle (habitat et*

activités), générationnelle (âges), sociale (catégories socioprofessionnelles) et culturelle (identités). Cet atout est menacé par la pression foncière et économique, qui tend à réduire la diversité des logements et des activités et la vitalité des quartiers les plus chers» (PALM, 2012: 48).

Dans ce but, depuis la législature 2006-2011, la Municipalité lausannoise a établi un programme intitulé «la métamorphose de Lausanne» qui a pour objectif de densifier la zone urbaine par de multiples aménagements. Si les principaux projets, dont le quartier de la Plaine-du-Loup, n'ont pas encore vu le jour, les premiers effets de cette nouvelle dynamique peuvent être perçus par la croissance relativement forte de la population depuis l'entrée en vigueur de cette législature, preuve d'un «retour à la ville».

Toutefois, le principal problème actuel de l'agglomération lausannoise est le manque de logements. Très bien analysée par le PALM, cette situation de l'arc lémanique correspond à celle observée dans de nombreuses métropoles, à savoir une croissance démographique importante et non anticipée, dont les incidences socio-spatiales peuvent être relativement importantes:

«Depuis 2007, le rythme de croissance a dépassé tous les pronostics, selon le PALM. Cette prospérité enviable, sur le plan économique, a un point faible: le rythme de production de logements n'a pas suivi et l'agglomération – comme le canton et l'ensemble de l'Arc lémanique – souffre d'une grave pénurie de logements. Dans l'agglomération, les taux de vacance sont proches de zéro: 0.1 % à Lausanne, 0.4 % dans le district de Morges (alors que le taux normal usuel est 1.5 %). Cette pénurie a des effets sensibles de ségrégation sociale par les prix et d'incitation à l'étalement urbain – que l'on cherche, par ailleurs, à freiner voire à bloquer. La rareté des logements fait exploser les prix, excluant les ménages aux revenus bas à moyens hors des quartiers urbains et ne leur laissant pas d'autre choix que de chercher de plus en plus loin une habitation à la mesure de leurs moyens». (PALM, 2012: 45)

De plus, les perspectives démographiques retenues par les services statistiques vaudois tablent sur des augmentations importantes à l'horizon 2030, avec près de 70'000 nouveaux habitants. La construction de nouveaux logements est donc une nécessité et une priorité pour les autorités publiques. D'un point de vue strictement urbanistique, deux types de mesures ont été engagés:

- densifier: une des mesures législatives prises par la municipalité porte sur les droits de superficie dans les sites dits stratégiques. Ainsi, les densités minimales ont été fixées à 200 habitants et emplois à l'hectare. Cette densité est de 100 habitants et emplois par hectare dans le reste du périmètre compact (PALM, 2012).
- convertir: le projet «Métamorphose» est explicite à ce sujet puisque l'un des projets phare est la construction du quartier d'habitation des Plaines-du-Loup sur des terrains actuellement inoccupés par des logements.

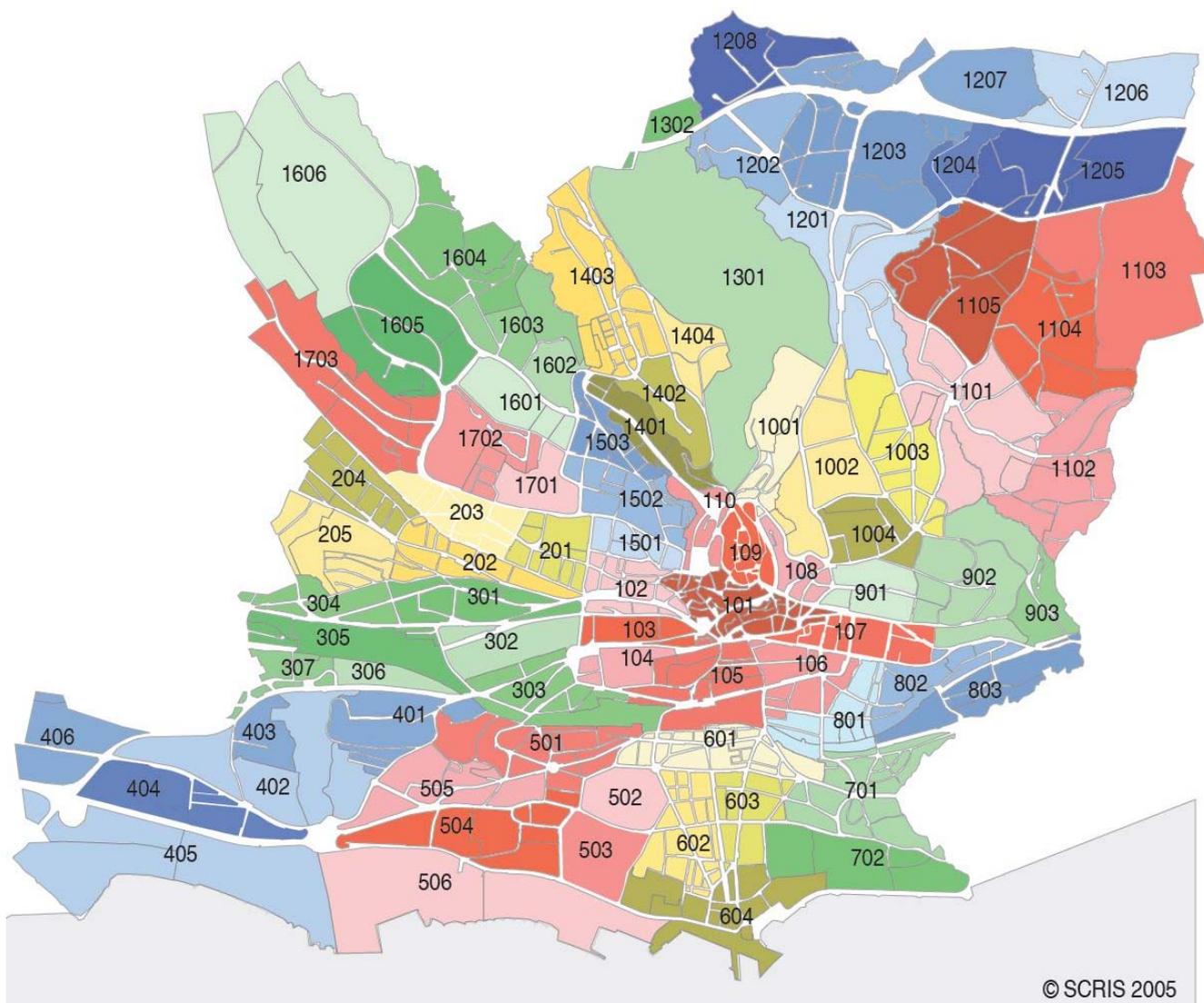
Pour conclure cette contextualisation de la ville de Lausanne, il est évident que de nombreux facteurs extérieurs influencent les dynamiques urbaines de la capitale vaudoise, par exemple, l'influence de l'agglomération genevoise, notamment sur les prix des logements. Tous ces facteurs pourraient potentiellement être intégrés dans un modèle de simulation en tant que paramètres globaux: par exemple, les tensions immobilières sont des coefficients d'évolution des prix au cours du temps alors que les mouvements de population au niveau de l'espace métropolitain influencent la répartition socio-économique en ville de Lausanne. Toutefois, dans un premier temps, il ne semblait pas utile d'intégrer tous ces facteurs. Bien entendu, il sera toujours possible d'intégrer des dynamiques globales de l'environnement supplémentaires dans de futures versions du modèle de simulation.

4.2. Données du modèle: les quartiers lausannois

Maintenant que nous avons pu dresser un portrait global de la ville de Lausanne et de son agglomération, nous pouvons nous intéresser plus précisément aux éléments que nous avons retenus et intégrés dans le modèle de simulations. Les données que nous utiliserons pour donner les valeurs aux principaux paramètres de notre modèle, notamment des agents et des terrains, sont issues du service statistique de la ville de Lausanne (SCRIS). Les données à disposition peuvent porter sur différentes échelles, de l'agglomération au quartier. Il nous a semblé évident que l'échelle la plus adaptée à notre recherche est celle du quartier, car les variations et les dynamiques que nous cherchons à observer, c'est-à-dire les distributions socio-spatiales ainsi que l'évolution des valeurs foncières, ne se démarquent réellement qu'à une échelle relativement grande. Ainsi, la commune de Lausanne est découpée en 18 zones statistiques, chacune composée de 2 à 10 quartiers statistiques (Fig. 4.4).

Précisons qu'un travail important de configuration des données a été nécessaire, car certaines statistiques ne coïncident pas systématiquement entre elles. De plus, pour certains quartiers statistiques, certaines données ne peuvent être obtenues pour des raisons de confidentialité ou d'absence de données. Dans ces rares cas, nous avons utilisé les données de la zone statistique.

Finalement, dans des cas plus complexes où nous avons donc dû recréer certaines données, nous expliciterons le cas échéant les méthodes que nous avons utilisées.



1-Centre
101-Rue Centrale
102-Chauderon
103-Flon
104-Montbenon
105-Gare/Petit-Chêne
106-Georgette
107-Avant-Poste
108-Marterey
109-Cité
110-Riponne/Tunnel

2-Maupas/Valency
201-Maupas
202-Av. d'Echallens
203-Montétan
204-Chablière
205-Valency

3-Sébeillon/Malley
301-Rue de Morges
302-Rue de Sébeillon
303-Tivoli
304-Prélaz
305-Gare de Sébeillon
306-Av. de Provence
307-Malley

4-Montoie/Bourdonnette
401-Montoie
402-Vallée de la Jeunesse
403-Pyramides
404-Prés-de-Vidy
405-Bourget
406-Bourdonnette

5-Montriond/Cour
501-Marc-Dufour
502-Milan
503-Les Cèdres
504-Cour
505-Mont-d'Or
506-Bellerive

6-Sous-Gare/Ouchy
601-Grancy
602-Harpe
603-Av. d'Ouchy
604-Ouchy

7-Montchoisi
701-Montchoisi
702-Elysée

8-Florimont/Chissiez
801-Florimont
802-Av. Rambert
803-Chissiez

9-Mousquines/Bellev.
901-Mon-Repos
902-Av. Secrétan
903-Ch. de la Vuachère

10-Vallon/Béthusy
1001-Le Vallon
1002-Hôpitaux
1003-Victor-Ruffly
1004-Béthusy

11-Chailly/Rovéréaz
1101-Chailly
1102-Plaisance
1103-Bois de Rovéréaz
1104-Craivavers
1105-Devin

12-Sallaz/Vennes/Séchaud
1201-La Sallaz
1202-Vennes
1203-Route de Berne
1204-Valmont
1205-Grangette
1206-Praz-Séchaud
1207-Ch. des Roches
1208-Grand-Vennes

13-Sauvabelin
1301-Sauvabelin
1302-Pré-Fleuri

14-Borde/Bellevaux
1401-Borde
1402-Rouvraie
1403-Bellevaux
1404-Rte du Signal

15-Vinet/Pontaise
1501-Pré-du-Marché
1502-Valentin
1503-Pontaise

16-Bossons/Blécherette
1601-Stade
1602-Ancien-Stand
1603-Bois-Mermet
1604-Bois-Gentil
1605-Bossons
1606-Blécherette

17-Beaulieu/Grey/Boisy
1701-Beaulieu
1702-Bergières
1703-Pierrefleur

90-Zones foraines
9010-Les Râpes¹⁾
9020-Montheron¹⁾
9030-Vernand¹⁾

¹⁾ Non représentés sur la carte

Figure 4.4: Zone et quartiers statistiques de Lausanne (SCRIS, 2005)

4.2.1. Les données liées à la population

Pour réaliser notre simulation, nous avons besoin de deux types de données liées à la population:

- le nombre d'agents (la population regroupée en ménages);
- leur distribution selon les classes socioprofessionnelles.

Pour obtenir le nombre d'habitants, il est possible de prendre simplement le recensement effectué chaque année par l'office statistique lausannoise. Cependant, cette statistique ne donne aucune information sur la manière dont sont réunis les individus alors que les agents du modèle sont des ménages, soit un nombre variable de personnes. Ainsi, pour créer nos agents, nous utilisons les statistiques concernant le nombre de ménages en fonction du nombre de personnes.

Tableau 4.2. Nombre de ménages et nombre de personnes selon la taille du ménage (SCRIS, 2013)

	1 personne	2 personnes	3 personnes	4 personnes	5 personnes	6 personnes et plus	Total
Nombre de ménage	32 864	18 404	8 064	5 855	1 932	708	67'827
En %	48.45 %	27.13 %	11.89 %	8.63 %	2.85 %	1.04 %	100.00 %
Nombre de personnes	32 864	36 808	24 192	23 420	9 660	4 248	131'192
En %	25.05 %	28.06 %	18.44 %	17.85 %	7.36 %	3.24 %	100.00 %

La différence entre cette distribution simulée (131'192) et le recensement 2013 (139'390) est minime (8128 personnes, soit environ 6 % de différence) et provient certainement du fait que le groupe «six personnes et plus» ne peut être évalué avec plus de précision. De plus, nous n'avons pas pris en compte les habitants des zones foraines qui représentent environ 3'200 personnes. Nous présentons ici (Tab. 4.2) les statistiques pour l'ensemble de la ville de Lausanne mais nous connaissons les effectifs à l'échelle des quartiers.

Concernant la répartition des ménages selon les catégories socioprofessionnelles, au nombre de 10 d'après les offices statistiques (OFS, 2014), nous avons également opéré certaines adaptations. En effet, ce nombre de catégories est trop important pour notre simulation, car nous cherchons à réduire le nombre de variables afin de pouvoir estimer les conséquences les plus importantes des dynamiques socio-spatiales. Une trop grande hétérogénéité des données rend bien plus difficile l'interprétation des changements et multiplie les interférences et les influences réciproques.

Pour cette raison, nous avons choisi de réduire à trois le nombre de classes socioprofessionnelles selon l'agrégation suivante:

- la classe supérieure est composée des:
 - o dirigeants
 - o professions libérales
 - o autres indépendants
 - o intellectuels et cadres
- la classe moyenne est composée des:
 - o employés
 - o cadres intermédiaires
- la classe inférieure est composée des:
 - o ouvriers
 - o travailleurs non qualifiés

Ce regroupement des classes est justifié par leur similitude du point de vue conceptuel (position sociale dans la société) et spatial. Par exemple, la localisation des travailleurs non qualifiés est corrélée à celle des ouvriers (Fig. 4.5. et Fig. 4.6)

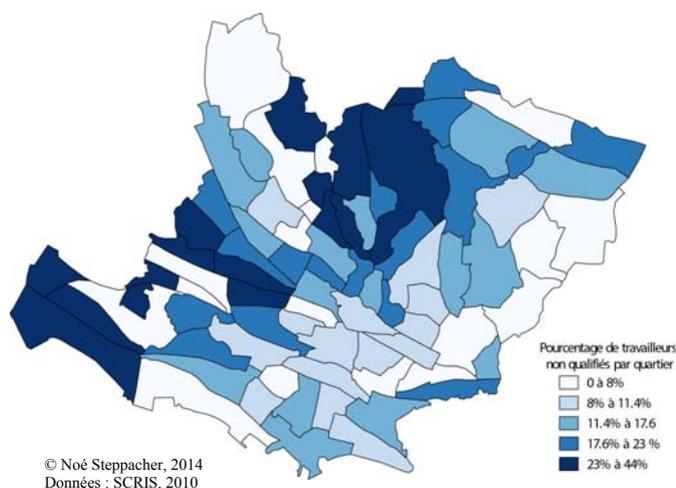


Figure 4.5: Pourcentage de travailleurs non qualifiés par quartier

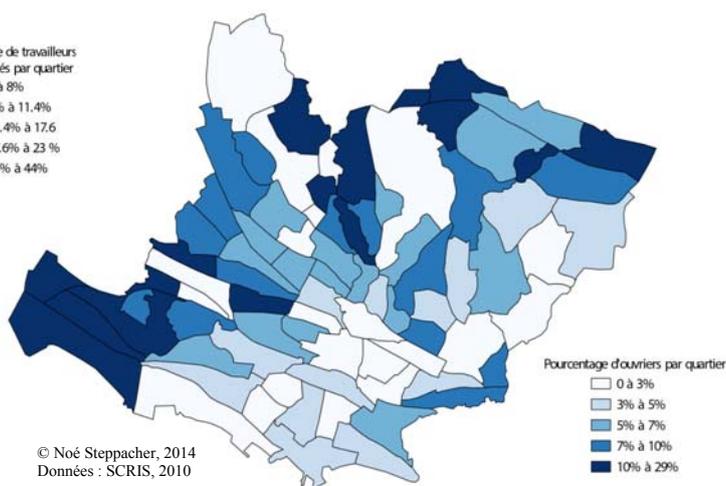


Figure 4.6: Pourcentage d'ouvriers par quartier

On peut observer une correspondance importante entre la localisation de ces deux classes sociales (Fig 4.5 et Fig 4.6): les patterns sont très similaires, avec des représentations dans les quartiers nord et ouest. Cette corrélation s'observe également du point de vue statistique (Fig. 4.7).

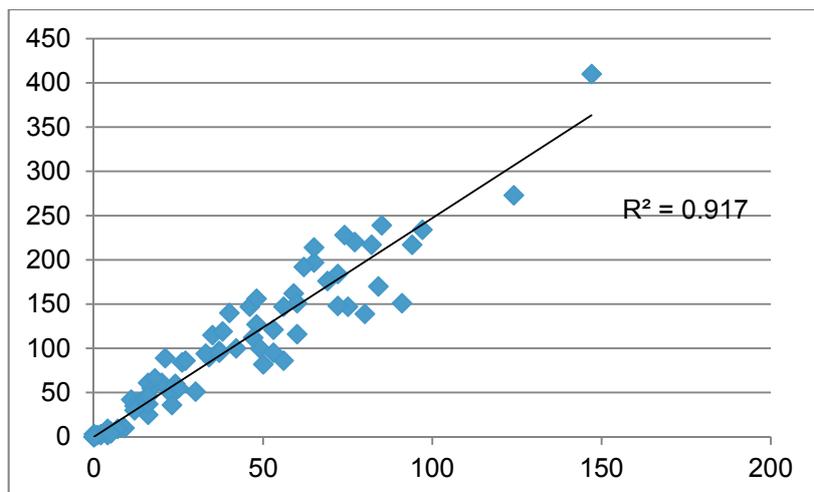


Figure 4.7 Corrélation entre les effectifs d'ouvriers et de travailleurs non qualifiés.

Ces similitudes entre les classes qui ont été regroupées se sont vérifiées avec des taux de corrélation tout à fait satisfaisants et justifiant ainsi cette fusion (Tab. 4.3).

Tableau 4.3. Tableau de corrélation des classes socioprofessionnelles (Source: SCRIS, 2013)

	Dirigeants	Professions libérales	Autres indépendants	Intellectuels et cadres	Cadres intermédiaires	Employés	Ouvriers	Travailleurs non qualifiés
Dirigeants		0.82	0.85	0.87	0.83	0.74	0.55	0.52
Professions libérales	0.82		0.73	0.86	0.69	0.53	0.26	0.27
Autres indépendants	0.85	0.73		0.88	0.92	0.88	0.72	0.69
Intellectuels et cadres	0.87	0.86	0.88		0.88	0.73	0.48	0.50
Cadres intermédiaires	0.83	0.69	0.92	0.88		0.94	0.77	0.74
Employés	0.74	0.53	0.88	0.73	0.94		0.91	0.86
Ouvriers	0.55	0.26	0.72	0.48	0.77	0.91		0.96
Travailleurs non qualifiés	0.52	0.27	0.69	0.50	0.74	0.86	0.96	

Le tableau de corrélation (Tab.4.3) justifie le regroupement des classes sociales en trois groupes, car les groupes originaux qui ont été réunis présentent systématiquement les taux les plus élevés de corrélation.

Le regroupement des catégories socioprofessionnelles en trois classes aboutit au résultat suivant pour l'ensemble de la ville (Tab. 4.4):

Tableau 4.4: Effectifs des classes socioprofessionnelles, agrégation et part de chaque classe sociale

Dirigeants	Professions libérales	Autres indépendants	Intellectuels et cadres	Classe supérieure	En %
901	1002	3098	7602	12 603	28.8 %
				Classe moyenne	En %
		Cadres intermédiaires	Employés	20 605	47.1 %
		9500	11 105		
				Classe inférieure	En %
		Ouvriers	Travailleurs non qualifiés	10 548	24.1 %
		3032	7516		
				Total	En %
				43 756	100.00 %

Pour chaque quartier statistique, ce procédé est appliqué pour déterminer la part de chaque classe et les ménages appartiennent obligatoirement à l'une de ces trois classes.

Nous avons réuni les caractéristiques indispensables pour intégrer dans notre modèle une population d'agents qui ressemble très fortement aux observations officielles du point de vue des effectifs et du point de vue de la composition socio-économique. Il s'agit maintenant de paramétrer la modalité de leur répartition spatiale, c'est-à-dire au sein de logements.

4.2.2. Les données liées aux logements

Les données statistiques à disposition et concernant les logements sont les suivantes (échelle du quartier statistique).

- Nombre de logements de 1, 2, 3, 4, 5 et 6 pièces et plus.
- valeur moyenne des logements selon le nombre de pièces.
- Nombre de pièces par habitant

Dans notre modèle, nous devons intégrer des logements qui correspondent en nombre et en taille (nombre de pièces), non seulement aux statistiques officielles (du moins en proportion), mais également au nombre de ménages (agents) que nous avons générés: le nombre de logements doit correspondre au nombre de ménages (agents). Cependant, les statistiques à disposition concernant les logements datent de 2010, année du dernier recensement fédéral de la population dont les données ont été publiées. Quant aux données concernant les ménages, elles datent de 2013. Entre ces deux dates, des logements ont été construits à Lausanne et des ménages s'y sont installés.

Ceux-ci apparaissent donc dans les statistiques, au contraire des logements: dans plusieurs quartiers, la différence provient, soit du décalage entre les relevés statistiques, soit d'une omission volontaire pour des raisons de confidentialité. Dans ces cas particuliers, nous avons donc dû recréer un nombre suffisant d'appartements pour que chaque ménage ait la capacité de se loger, c'est-à-dire que chaque agent puisse se localiser dans un logement.

Pour déterminer le nombre de pièces de ces «nouveaux» appartements qui doivent être créés pour le modèle, nous avons utilisé le nombre de pièces par habitant, statistique que nous connaissons pour la plupart des quartiers.

Ainsi, nous avons les données suivantes qui sont liées entre elles (Tab. 4.5)

Tableau 4.5 Adéquation entre les données observées et les effectifs requis pour un quartier (Montchoisi)
(Source: SCRIS, 2013)

Nbre de ménages	Nbre de personnes	Pièces par personne	Nbre de pièces requis
1963	3347	1.62	5422
Nbre d'appartements observés			Nombre de pièces observées
1652			4339
Nombre d'appartements à créer			Nombre de pièces à créer
311			1083

Il n'existe pas une solution unique pour créer le nombre d'appartements requis disposant au total du nombre de pièces requis. Il a donc été nécessaire de créer un algorithme qui génère automatiquement une distribution d'appartements qui satisfasse à ces conditions.

Pour les données de l'exemple ci-dessus, l'algorithme propose la solution suivante (Tab. 4.6):

Tableau 4.6 Solution proposée par l'algorithme pour générer un nombre d'appartements et de pièces.

Nbre de 1 p	Nbre de 2 p	Nbre de 3 p	Nbre de 4 p	Nbre de 5 p	Nbre de 6 p	Nbre total d'appartements	Nbre total de pièces
57	66	53	21	33	81	311	1083

Concernant la valeur des loyers, notre base de données ne contient qu'un loyer moyen selon le nombre de pièces (et par quartier). Il s'agit là d'un problème méthodologique, car nous devons définir un loyer pour chaque logement de notre modèle.

Plusieurs possibilités existent pour faire en sorte que les loyers correspondent, en moyenne et par quartier, aux données statistiques officielles:

- tous les loyers ont une valeur égale à la valeur moyenne.

Ou

- générer une distribution de loyers dont la valeur moyenne corresponde aux statistiques officielles.

Nous avons estimé que la deuxième solution était plus élégante et nous avons opté pour une distribution normale. N'ayant pas à disposition l'écart-type, second paramètre indispensable pour générer une distribution normale, nous l'avons estimé et fixé à 10 % de la valeur moyenne.

Le modèle dispose ainsi de toutes les données nécessaires et génère:

- 67'827 agents (ménages), représentant 131'192 personnes.
 - o Chaque agent appartient à une classe sociale
 - o Chaque agent représente un ménage (de 1 à 6 personnes)
- 67'827 appartements, représentant 203'500 pièces
 - o Chaque appartement dispose d'un loyer
 - o Chaque appartement dispose d'un nombre de pièces (de 1 à 6)

Chaque agent se voit ensuite attribuer un logement selon les règles présentées dans le chapitre 3, à savoir que les agents appartenant à la classe moyenne et inférieure ne peuvent acquérir que les logements dont le loyer ne dépasse pas une certaine valeur (qui peut être modifiée), par exemple le loyer médian pour la classe inférieure, et le 75^e centile pour la classe moyenne.

4.2.3. Les données liées aux terrains

Nous avons établi dans nos parties conceptuelles et méthodologiques que les prix des terrains sont très fortement corrélés aux prix des logements, et inversement. En conséquence, puisque nous avons à disposition les valeurs des logements dans les différents quartiers lausannois, nous pouvons reconstituer les valeurs foncières. Cette valeur foncière s'applique donc à chaque maille de la grille du modèle de simulation. Il s'agit simplement de la valeur moyenne des logements qui s'y situent. Nous avons décrit comment nous avons généré ces loyers dans la partie précédente et le modèle calcule donc la valeur foncière d'après ces données.

Chaque cellule contient donc les informations suivantes:

- Numéro du quartier statistique dont elle fait partie.
- Logement(s) qui s'y trouve (nt), et descriptif (taille, loyer) de ce(s) dernier(s)
- Valeur foncière équivalente à la moyenne de loyer des logements qui s'y trouvent.

Ces différentes données obtenues et paramétrées pour nos simulations nous permettent d'ores et déjà d'établir certaines tendances et dynamiques sociales ou foncières que l'on peut observer à Lausanne. Il s'agit là d'un excellent moyen d'effectuer une première visualisation de ces données et de montrer leur intégration dans le modèle de simulation.

4.2.4. Les principales dynamiques sociales et foncières observables à Lausanne

L'intégration des agents et des caractéristiques des cellules dans le modèle de simulations permet d'obtenir de premières données qui peuvent être analysées avec les outils et les mesures que nous avons décrits précédemment, notamment le coefficient de dissymétrie, l'autocorrélation spatiale ou encore les quotients de localisation et de spécialisation. Les résultats nous permettront de juger de la qualité de la modélisation obtenue et nous renseigneront par la même occasion sur les principales dynamiques sociales et foncières observables à Lausanne.

4.2.4.1. La dynamique socio-spatiale à Lausanne: une localisation des classes sociales très différenciée

Une des premières analyses socio-spatiale qui peut être menée sur la situation empirique et sa simulation dans le modèle porte sur la localisation différenciée selon la classe sociale. Nous avons déjà démontré que des similitudes importantes pouvaient être observées entre la localisation des ouvriers et des travailleurs non qualifiés (Fig. 4.5 et Fig. 4.6) et nous pouvons généraliser ces observations aux trois classes sociales constituées dans le cadre de notre modèle (inférieure, moyenne et supérieure) (Fig. 4.8). On constate alors une différence évidente quant à leur localisation:

- les ménages appartenant à la classe supérieure sont principalement localisés dans le centre et l'Est lausannois. Les plus fortes concentrations (> 47 %) sont observées dans les quartiers à l'Est avec un maximum de 68 % dans le quartier des Bois de Rovéréaz. À l'inverse, les concentrations les plus faibles apparaissent dans l'ouest de la commune avec un minimum de 8 % dans le quartier de la Bourdonnette.
- la classe moyenne est répartie de manière assez équilibrée sur l'ensemble du territoire: la population de la majorité des quartiers (61 /75 quartiers) est composée de 38 % à 57 % de ménages appartenant à la classe moyenne, ce qui démontre une omniprésence de cette catégorie sociale. On observe néanmoins les plus hauts taux dans les quartiers de la vallée de la jeunesse (64 %) et des Cèdres (68 %). Les plus faibles pourcentages sont observés dans les quartiers de l'est lausannois (minimum de 21 % dans le quartier des Bois de Rovéréaz).
- les ménages qui composent la classe inférieure présente un pattern inverse de la classe supérieure: ils sont très présents dans tous les quartiers ouest et très faiblement représenté dans les quartiers est (minimum de 7 % dans le quartier de Craivavers), à l'exception du quartier de Chissiez, situé au sud-est de la ville. Le plus fort taux est observé à la Rue de Sébeillon (63 %) mais l'effectif n'est que de 16 ménages ce qui affaiblit quelque peu cette observation. Avec 58 % et 352 ménages appartenant à la classe inférieure, le quartier de la Bourdonnette est le plus représentatif de cette catégorie.

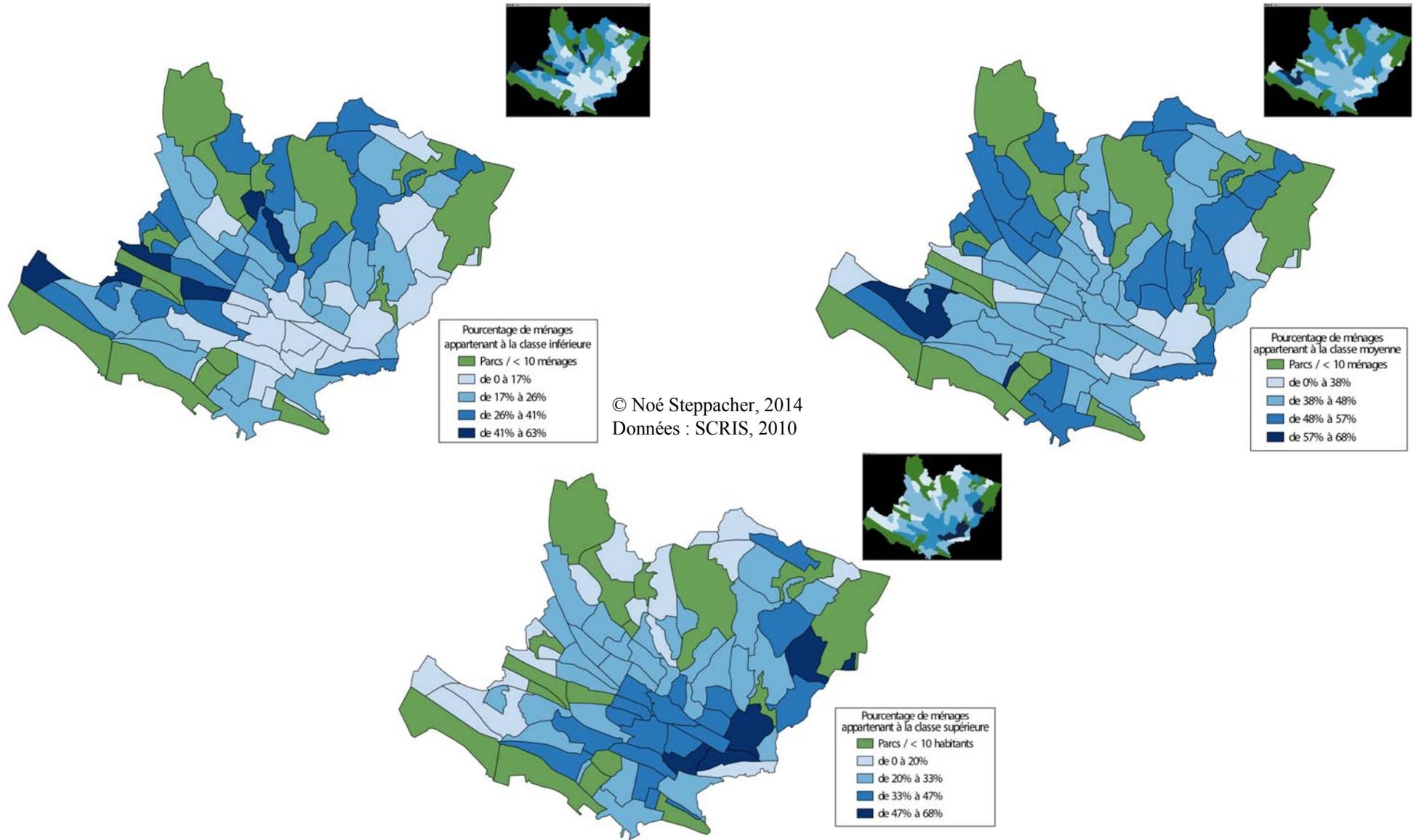


Figure 4.8 Pourcentage de chaque classe sociale par quartier (en vignette: modèle de simulation)

Nous pouvons observer la fréquence des taux d'habitants selon leur classe sociale (Fig.4.9). Cette analyse de dissymétrie permet d'obtenir un premier aperçu de la ségrégation.

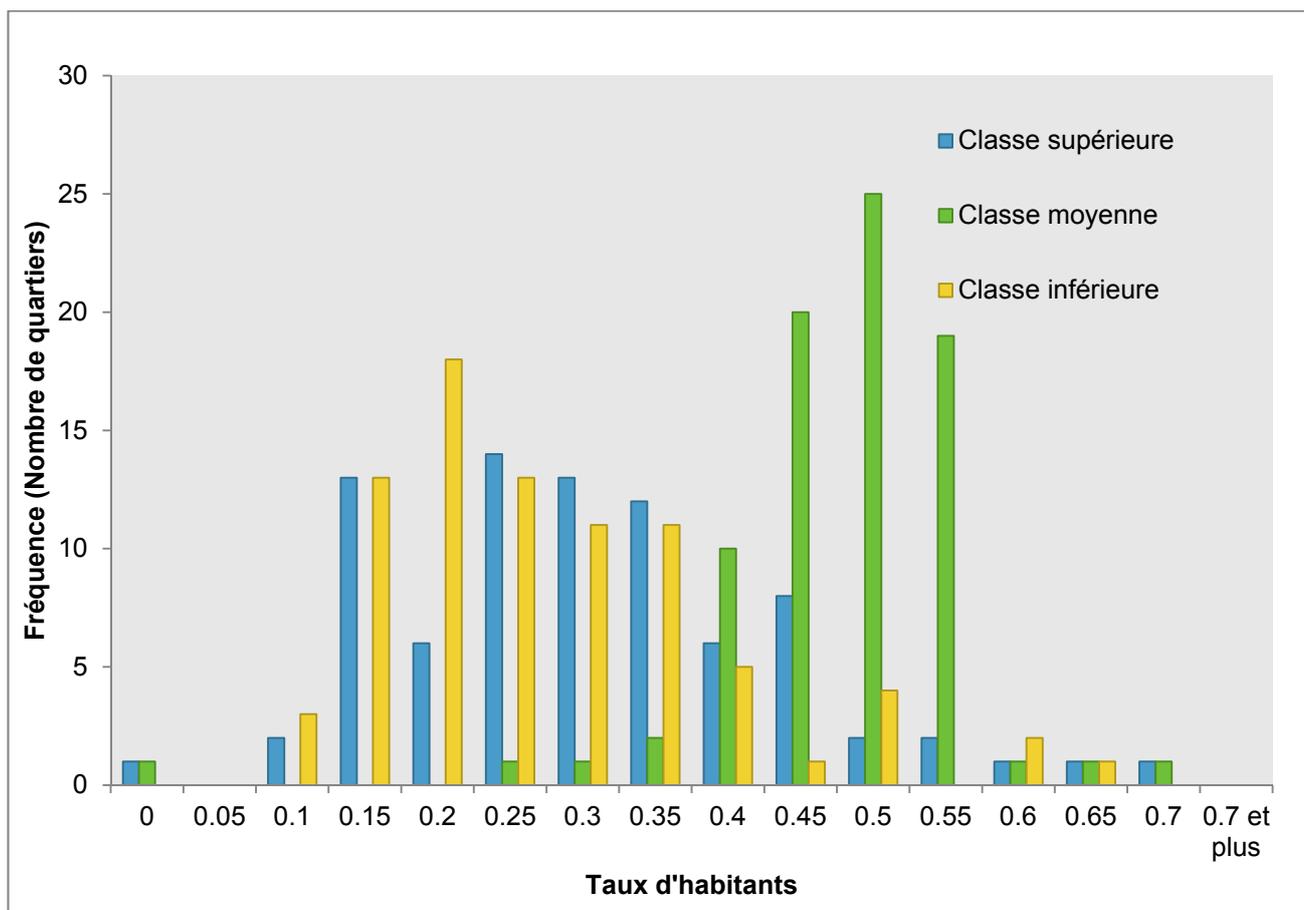


Figure 4.9 Tableau de fréquence des taux d'habitants selon leur classe sociale. (Source: SCRIS, 2013)

Tableau 4.7 Coefficient d'asymétrie pour les trois classes sociales à Lausanne

	Classe supérieure	Classe moyenne	Classe inférieure
Coefficient d'asymétrie	0.59	-1.8	0.98

Le coefficient d'asymétrie (Tab. 4.7) est très différent pour la classe moyenne, avec une dissymétrie relativement marquée à droite (< 0), ce qui signifie que les taux médian et supérieur sont plus fréquents.

À l'inverse la distribution des taux pour les classes supérieures et inférieures s'illustre par une dissymétrie à gauche (> 0), ce qui implique que les taux faibles sont plus fréquents.

Cette analyse démontre qu'une ségrégation selon les classes sociales peut être observée à Lausanne.

Si l'on veut qualifier plus précisément la modalité de la distribution spatiale de ces trois classes sociales, nous pouvons analyser l'autocorrélation spatiale globale (Tab. 4.8) et locale (Fig. 4.10).

Tableau 4.8 Autocorrélation spatiale (I de Moran) pour les trois classes sociales à Lausanne en 2013.

	Classe supérieure	Classe moyenne	Classe inférieure
I de Moran	0.51* (0.54**)	0.1* (0.24**)	0.08* (0.38**)

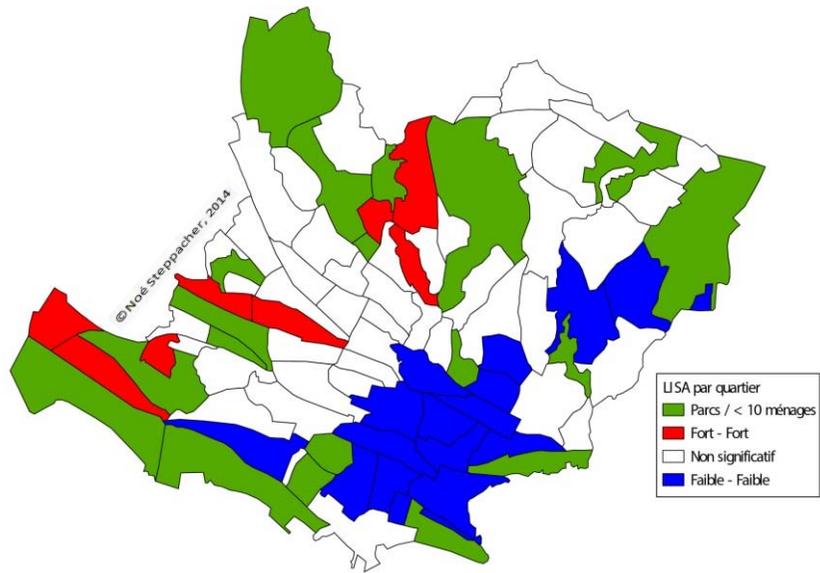
Si l'on mène l'analyse d'autocorrélation en prenant en compte la contiguïté des quartiers, c'est-à-dire un voisinage direct, les résultats diffèrent beaucoup d'une prise en compte de la distance euclidienne. Nous avons donc mis les deux résultats pour comparaison. Cette différence s'explique par la géométrie des quartiers ainsi que leur agencement: plus on s'éloigne du centre, moins nombreux sont les quartiers avec des frontières communes. Il semble donc que l'indice prenant en compte les distances soit plus représentatif. Pour ôter toute perturbation, nous avons enlevé de l'analyse les quartiers qui n'accueillent aucun ménage.

L'indice I de Moran démontre une très forte autocorrélation spatiale pour la classe supérieure. De plus, la significativité est très forte qui confirme que la modalité de la répartition spatiale pour la classe supérieure est très structurée et non-aléatoire. Ainsi, les quartiers dans lesquels cette catégorie s'est installée influencent très fortement les quartiers adjacents, certainement par une dynamique de plus-value foncière liée à l'attractivité générée par cette population aisée qui loge ou fait construire des biens immobiliers de grande valeur. À l'inverse, les indices pour la classe moyenne et inférieure sont faibles et peu significatifs. Ces valeurs sont dues à la modalité de la répartition spatiale: la classe moyenne est omniprésente dans les divers quartiers et s'approche donc d'une distribution aléatoire de valeurs moyenne. L'indice ne peut donc expliciter une quelconque distribution.

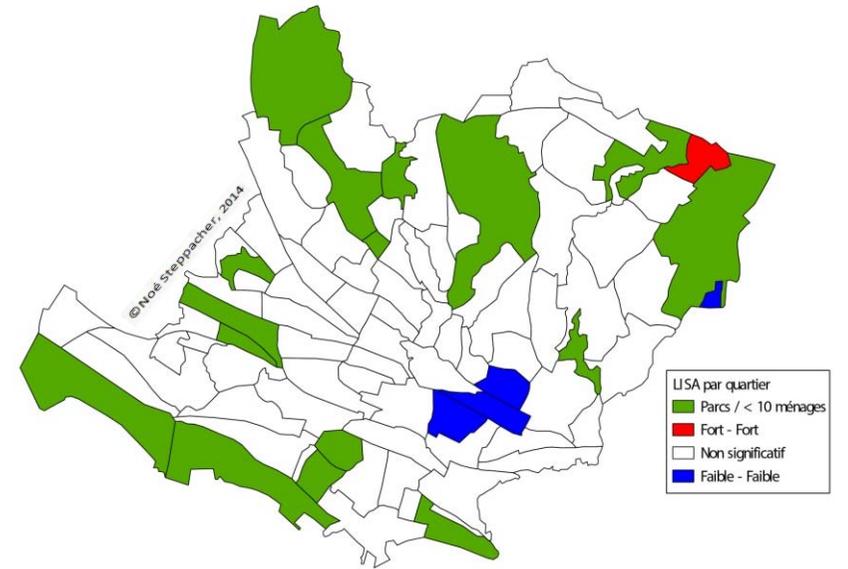
Quant à la classe inférieure, sa distribution dans les quartiers périphériques ne peut être exprimée par le biais de l'indice global d'autocorrélation qui accorde une valeur pour l'ensemble de l'espace et ne peut donc rendre compte de cette distribution particulière.

Ce biais peut être résolu, en partie, par l'analyse de l'autocorrélation spatiale locale (Fig.4.10).

Classe inférieure



Classe moyenne



© Noé Steppacher, 2014

Classe supérieure

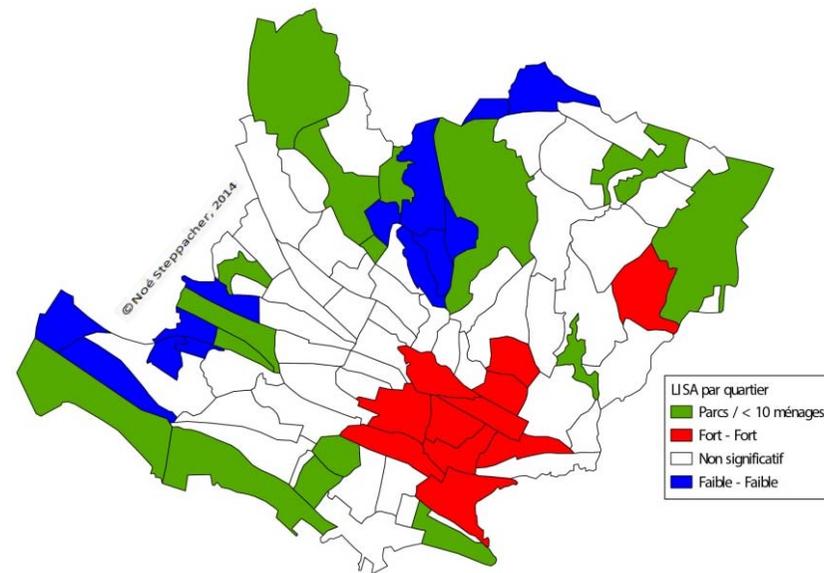


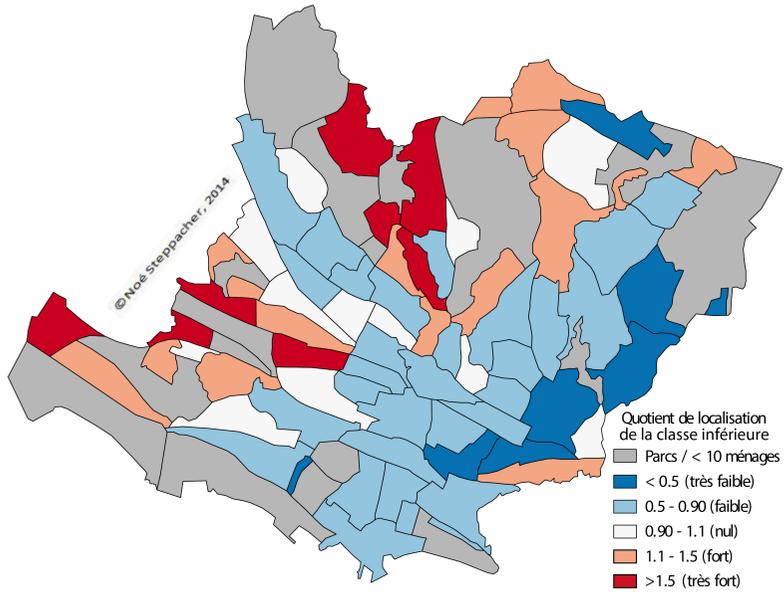
Figure 4.10 LISA par quartier

On observe ainsi des résultats en parfaite correspondance avec les analyses précédente: les classes sociales supérieures et inférieures se répartissent dans des quartiers opposés, respectivement au centre -Est et à l'Ouest. Quant à la classe moyenne, sa répartition sur l'ensemble du territoire se confirme par une quasi-absence d'autocorrélation spatiale locale.

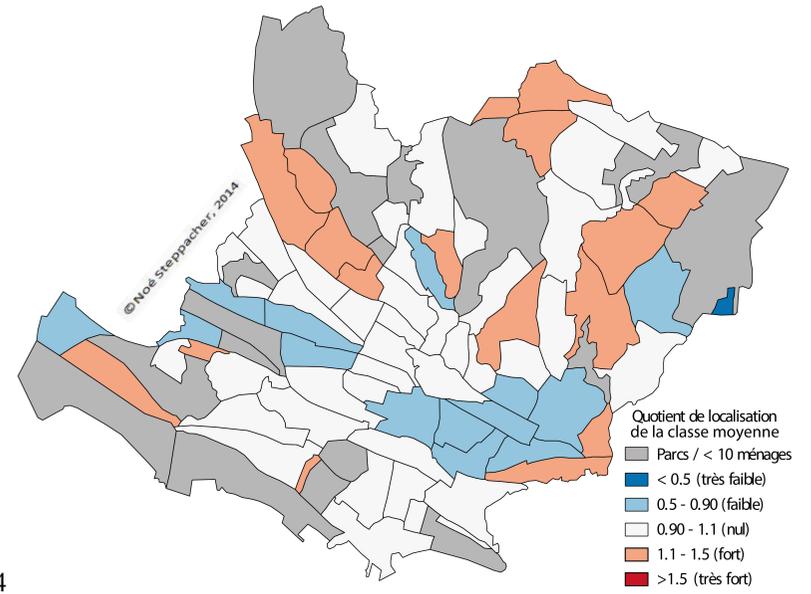
Finalement, une dernière analyse peut être menée et confirme définitivement les précédentes: la cartographie du quotient de localisation (Fig.4.11). Rappelons que cette mesure permet d'exprimer la part de chaque groupe en rapport avec la moyenne. Ainsi, lorsqu'un groupe est particulièrement représenté dans un quartier, c'est-à-dire qu'il représente une part plus importante à cet endroit que ce que l'on observe en moyenne, son quotient sera élevé (> 1). Une interprétation complémentaire de cet indice est la «spécialisation» des quartiers, c'est-à-dire quel quartier présente le taux le plus important d'un certain groupe.

Ces analyses complémentaires permettent de dresser un portrait complet de la situation socio-spatiale en ville de Lausanne du point de vue des classes sociales. On constate ainsi une nette opposition entre la classe inférieure et supérieure qui se traduit par une différenciation très forte quant à leur localisation respective, avec les classes inférieures à l'ouest et les classes supérieures à l'est. Quant à la classe moyenne, sa position intermédiaire s'illustre également sur le plan spatial: la variation du coefficient de localisation est très peu marquée en comparaison des deux autres classes sociales et on l'on observe un nombre très important de quartiers dont le taux est très proche de la moyenne (valeur du quotient proche de 0) dans tout le centre de l'agglomération.

Classe inférieure



Classe moyenne



© Noé Steppacher, 2014

Classe supérieure

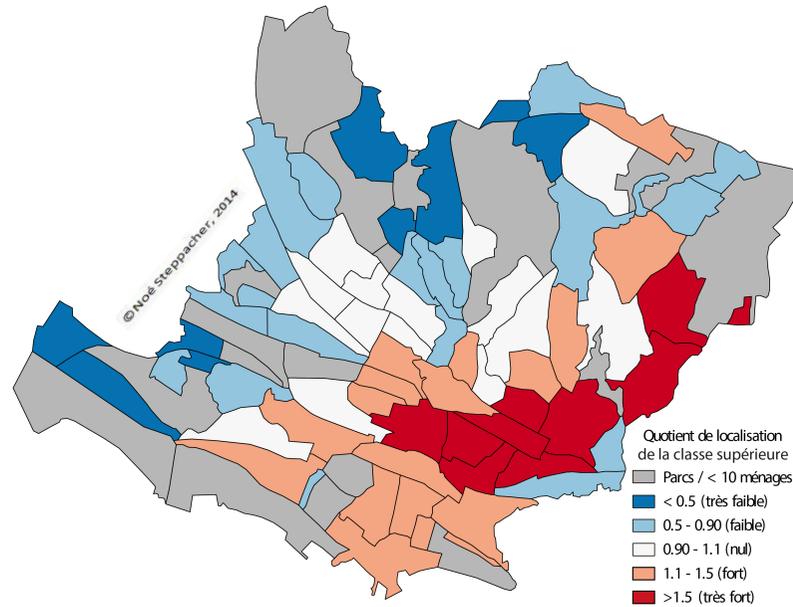


Figure 4.11 Quotient de localisation par quartier et pour les trois classes sociales

4.2.4.2. Les valeurs foncières à Lausanne

Après avoir observé la manière dont se répartissent les différentes classes sociales à Lausanne, il est intéressant de faire de même pour les valeurs foncières. Nous avons affirmé que la valeur des logements est l'un des critères principaux quant au choix résidentiel et agit en tant que restriction pour les classes sociales les moins aisées.

Nous pouvons donc nous attendre à ce que les quartiers présentant les loyers moyens les plus élevés soient ceux dans lesquels la classe sociale supérieure est la plus représentée, à l'instar des loyers les plus bas et de la classe sociale inférieure. Les deux cartes suivantes (Fig. 4.12 et Fig.4.13) permettent ces observations ainsi que d'apprécier la fidélité et la cohérence de la reconstitution des données qui ont été nécessaires pour s'adapter aux contingents (nombre d'appartements) qui évoluent entre 2000 et la situation qui est simulée, à savoir l'état actuel (2014).

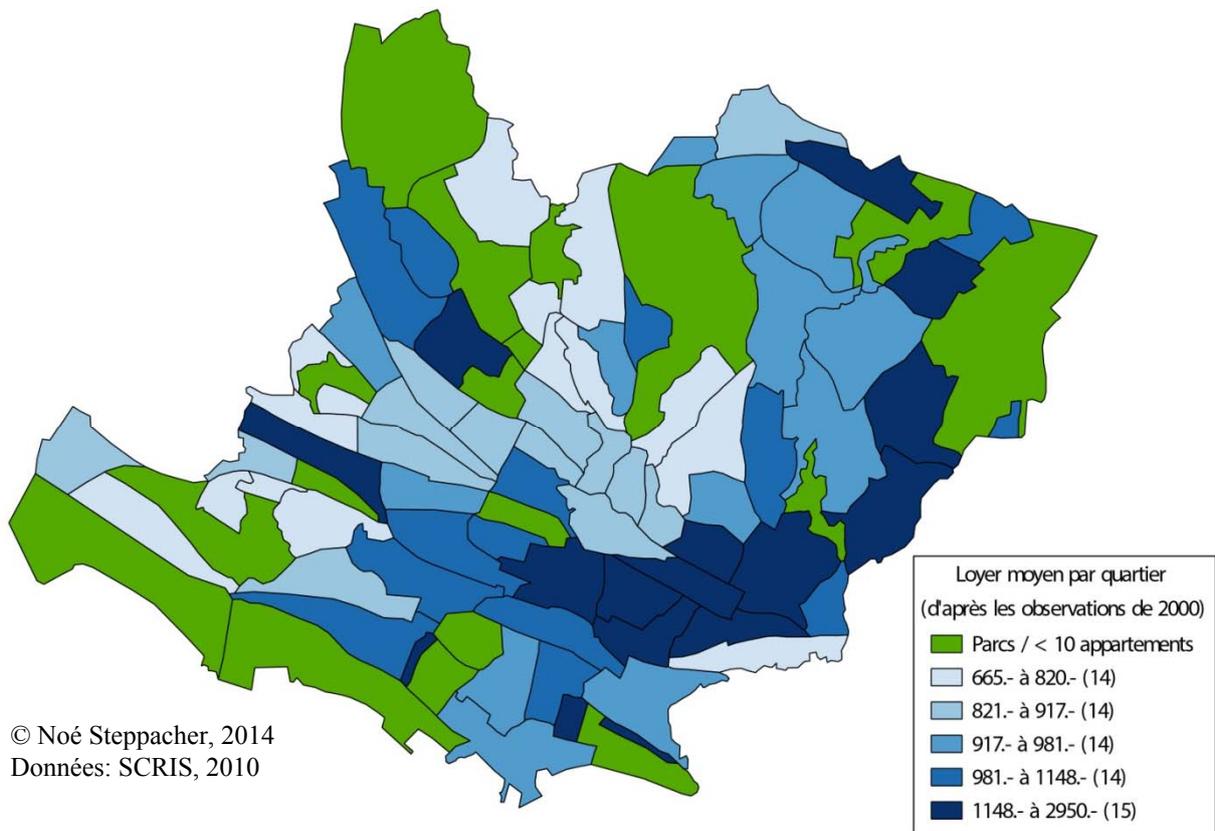


Figure 4.12 Loyers moyens par quartier observés en 2000 (Source: SCRIS, 2000)

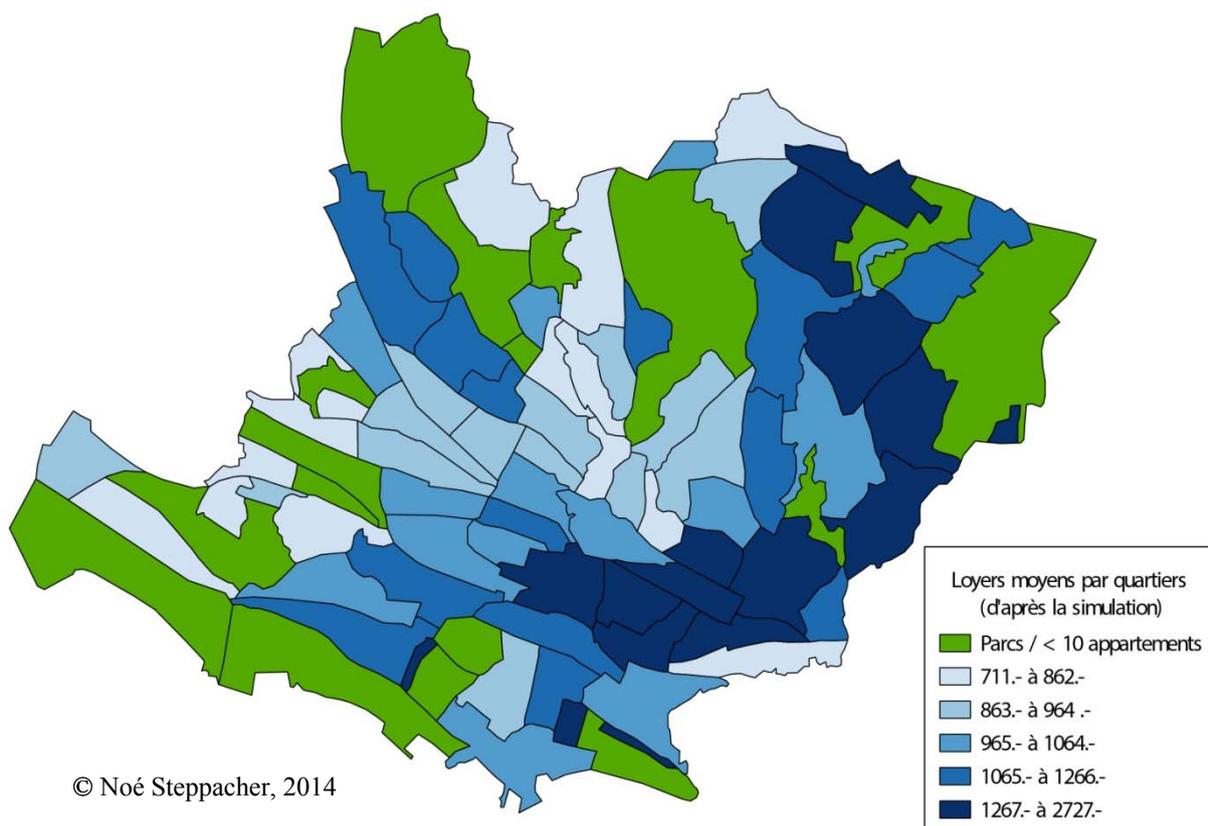


Figure 4.13 Loyers moyens par quartier obtenus avec les simulations

Les loyers se distribuent selon une structure générale semblable à celle observée pour la localisation des classes sociales, à savoir que les valeurs les plus élevées se trouvent à l'est de Lausanne, tandis que les valeurs les plus faibles s'observent dans l'ouest lausannois. On constate également un léger effet de gradient centre-périphérie, notamment en direction de l'ouest et du nord.

Nous avons maintenant terminé avec l'analyse de la situation actuelle de Lausanne selon les données à disposition et nous pouvons ainsi introduire les caractéristiques du quartier des Plaines-du-Loup.

4.3. Le projet «Métamorphose»

Dans ce chapitre nous proposons de détailler le projet proposé par la Municipalité de Lausanne pour le quartier des Plaines du Loup. Il s'agit de souligner les éléments qui nous permettront d'évaluer et quantifier certaines caractéristiques du projet (nombre d'habitants, type de logements et valeurs des terrains) afin de générer les données nécessaires à la configuration du modèle de simulation.

Comme nous l'avons constaté dans l'analyse de la politique du logement de la ville de Lausanne, les autorités ont affirmé vouloir favoriser la mixité sociale dans les nouveaux quartiers qui seraient construits. La municipalité s'est engagée à tendre vers une répartition équilibrée entre les logements libres, contrôlés et subventionnés (un tiers de chaque type). Cette volonté politique s'accompagne de mesures bien précises quant à la manière dont seront gérées les parcelles du futur quartier. En effet, la ville de Lausanne entend attribuer les lots à de multiples et différents promoteurs, mais avec une volonté de «*donner un rôle accru aux coopératives et plus largement à l'habitat d'utilité publique (sociétés et fondations publiques ou privées pratiquant des loyers fondés sur les coûts avec un contrôle des loyers et une rémunération raisonnable des fonds propres)*» (PDL, 2013: 137). De pair avec ces ambitions de contrôler et limiter les loyers, la municipalité vise également à favoriser la mixité sociale, notamment générationnelle, socio-économique, et «spécifique» (EMS, logements adaptés, EVAM [Établissement Vaudois d'Aide aux Migrants], foyer pour populations fragilisées) (PDL, 2013: 78).

En lien avec les objectifs socio-économiques du quartier, l'implantation des infrastructures fait également l'objet d'une réflexion précise de la part de la ville de Lausanne. En effet, afin d'attirer des profils précis d'habitants, notamment les familles, le plan d'affectation prévoit la construction de plusieurs infrastructures destinées aux enfants (quatre garderies, une école primaire, un espace d'accueil parascolaire) (Fig.4.14). Une série d'équipements sportifs sont également programmés et semblent tendre vers deux objectifs: d'une part, conserver la vocation historique de lieu d'activités sportives de cette zone de la ville de Lausanne, mais d'autre part, proposer un éventail d'opportunités et de loisirs dans le but d'attirer les ménages ciblés, soit les familles et/ou les jeunes adultes.



Figure 4.14 Plan du projet de quartier des Plaines-du-Loup (Ville de Lausanne, PDL, 2012)

4.3.1. Les données liées à la population

Dans la mesure où il s'agit d'un projet, les données concernant le nombre d'habitants, leur type et la structure des ménages sont des estimations. Il n'en reste pas moins que nous postulons que les dynamiques qui peuvent être observées, même avec des données approximatives, seront fiables et nous renseigneront sur les effets systémiques qui peuvent advenir.

Nous reprenons la démarche utilisée pour obtenir les données concernant la ville de Lausanne, à savoir une détermination du nombre de ménage, de leur composition et de leur appartenance à une classe sociale. Les documents à disposition nous renseignent quant aux nombres de logements (3'000), et donc de ménages, que les Plaines-du-Loup devront accueillir, ainsi qu'au nombre d'habitants attendus (6'500). L'une de nos hypothèses est que les logements du futur quartier des Plaines-du-Loup seront prioritairement occupés par des habitants actuels de Lausanne ce qui implique que la simulation ne va pas intégrer de nouveaux ménages dans le modèle.

4.3.2. Les données liées aux terrains

Dans le cadre de la construction d'un quartier ex nihilo, la détermination des loyers est très différente à celles que l'on observe dans un quartier plus ancien. En effet, dans un quartier neuf, les prix sont généralement fixés par les propriétaires en fonction du type de bien (taille, équipements) et suivant les règles du marché de l'offre et de la demande. Cependant, dans le cas du quartier des Plaines-du-Loup, la municipalité, propriétaire des terrains, a choisi de déléguer la construction et l'exploitation des biens immobiliers tout en imposant des droits de superficie, notamment des limitations quant aux prix des logements (PDL, 2012). Précisons également que la ville souhaite faire construire uniquement des logements disposant de 2 à 5 pièces, car il s'agit des biens les plus recherchés actuellement:

«A l'avenir, la construction de logements d'une pièce sera pratiquement abandonnée étant donné l'augmentation générale de la demande en surface par habitant, la diminution de la demande en logements d'une pièce et le taux de rotation très élevé des locataires de ces appartements. L'offre actuelle pour ce type de logement est suffisante et ne doit pas être augmentée par de nouvelles constructions.» (Ville de Lausanne, 2005: 10)

Cette restriction correspond également à la volonté de la municipalité d'attirer principalement des familles, des couples sans enfants et des personnes seules (Lausanne, 2005). Nous pouvons donc faire l'hypothèse qu'une majorité d'appartements disposera de 2, 3 ou 4 pièces. Nous proposons donc la répartition suivante (Tab.4.9):

Tableau 4.9. Part d'appartements selon le nombre de pièces.

Type d'appartement	2 pièces	3 pièces	4 pièces	5 pièces
Pourcentage d'appartement	25 %	35 %	30 %	10 %

Quant aux loyers de ces logements, rappelons que l'un des objectifs du projet «Métamorphose» est de favoriser la mixité socio-économique. Dans ce but, les Plaines-du-Loup devront accueillir environ un tiers de logements subventionnés, un tiers à loyer contrôlé et un tiers à loyer libre (PDL, 2012). Cette règle n'est cependant pas figée, selon les termes mêmes des autorités, et la part de chaque type pourra varier une fois le projet entrepris. Notre modèle prend cependant en compte uniquement la part officiellement et actuellement annoncée, soit un tiers de chaque type.

Nous devons également estimer les loyers pour chaque type, ce qui nécessite de prendre en compte les règlements et les législations de la ville de Lausanne en la matière. Concernant les loyers subventionnés, un préavis de 2003 fixe les valeurs limites des loyers subventionnés en fonction des loyers moyens lausannois (valeur minimale entre 70 % et 85 % suivant le nombre de pièces) (Ville de Lausanne, 2003). On peut donc considérer que les logements à loyer subventionné qui seront construits aux Plaines-du-Loup suivront la répartition suivante (Tab.4.10):

Tableau 4.10 Loyers mensuels moyens à Lausanne et estimations des loyers subventionnés (SCRIS, 2013)

Type d'appartement	2 pièces	3 pièces	4 pièces	5 pièces
Loyer moyen mensuel lausannois (en CHF)	984	1231	1584	2107
Loyer mensuel subventionné (en CHF)	787	1046	1346	1790

Concernant les loyers contrôlés, leur détermination est plus complexe dans la mesure où un calcul de rentabilité est effectué au cas par cas. En recoupant divers exemples, on obtient qu'un loyer contrôlé moyen est d'environ 250 CHF/m²/an (Ville de Lausanne, 2011), ce qui correspond au loyer médian de la région lausannoise (24immobiliers.ch, 2011). Cette valeur est cohérente et correspond à la politique du logement lausannoise concernant les loyers contrôlés, à savoir davantage une limitation à moyen terme des loyers.

Pour déterminer les loyers à partir de la surface, nous avons dû effectuer certaines estimations sur cette caractéristique. À Lausanne, la surface moyenne d'une pièce est d'environ 25 mètres carrés; il est donc cohérent de présumer que les logements qui seront construits dans le nouveau quartier du Nord de Lausanne respecteraient cette moyenne. Nous avons donc obtenu les valeurs suivantes pour les loyers contrôlés (Tab.4.11):

Tableau 4.11 Estimations des loyers contrôlés

Type d'appartement	2 pièces (50m ²)	3 pièces (75 m ²)	4 pièces (100 m ²)	5 pièces (125 m ²)
Loyer mensuel (en CHF)	1040	1560	2083	2604

Quant aux loyers libres, nous avons pris les valeurs moyennes des nouveaux logements construits entre 2001 et 2012 dans la région lémanique (OFS, 2012) (Tab.4.12)

Tableau 4.12 Loyers moyens selon le nombre de pièces pour des logements construits entre 2001 et 2012. (Source: OFS, 2012)

Type d'appartement	2 pièces	3 pièces	4 pièces	5 pièces
Loyer mensuel (en CHF)	1219	1645	1987	2256

On constate que les loyers estimés pour les logements contrôlés sont plus élevés pour les biens de 4 et 5 pièces. Nous disposons donc maintenant de toutes les informations et obtenons la distribution d'appartements suivante (Tab.4.13):

Tableau 4.13 Nombre d'appartements et loyer moyens selon le nombre de pièces et le type

	Appartements à loyer subventionné		Appartements à loyer contrôlé		Appartements à loyer libre	
	Nombre d'appartements	Loyer moyen (en CHF)	Nombre d'appartements	Loyer moyen (en CHF)	Nombre d'appartements	Loyer moyen (en CHF)
2 pièces	250	787	250	1040	250	1219
3 pièces	350	1046	350	1560	350	1645
4 pièces	300	1346	300	2083	300	1987
5 pièces	100	1790	100	2604	100	2256
Total	1000		1000		1000	

Les logements du quartier des Plaines-du-Loup peuvent donc être intégrés dans le modèle de simulation et nous allons pouvoir constater les effets de cet élément perturbateur dans l'évolution du système.

5. Simulation

Nous avons élaboré une méthode d'exploration du modèle de simulation: en combinant les différentes valeurs des paramètres, nous créons des scénarios uniques (5.1). L'évaluation des scénarios est importante, non seulement pour comparer leurs résultats, mais également pour définir les influences des paramètres (5.2). Certaines valeurs permettent de produire des scénarios intéressants (5.3): certains ont été choisis pour de plus amples analyses car ils permettent d'observer différentes situations de ségrégation et de valeurs des loyers.

5.1. Scénarios et simulations

Conceptuellement et pour donner une vision générale, les différents paramètres de notre modèle peuvent être représentés dans leur succession selon un «arbre de scénario», où les embranchements représentent les choix successifs de paramètres. Chaque chemin représente un scénario selon une combinaison unique des paramètres (Fig. 5.1).

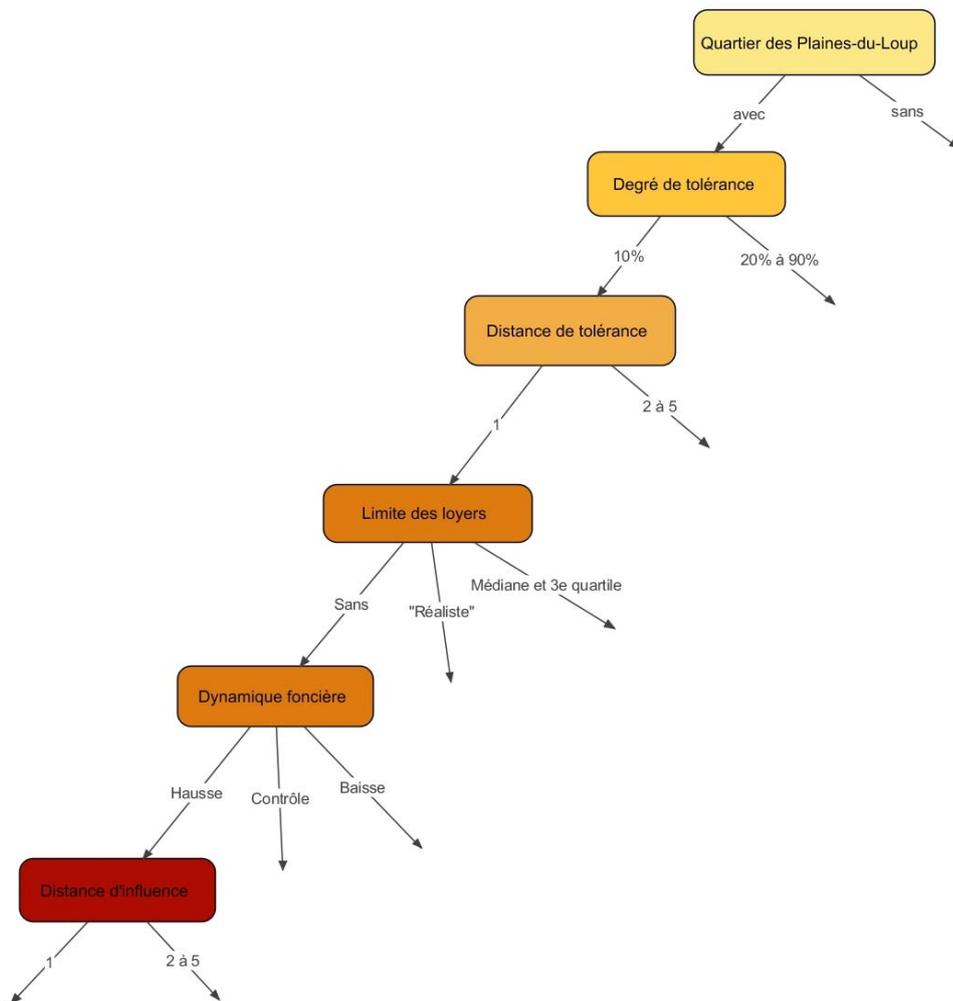


Figure 5.1 Arbre des scénarios

Un scénario peut donc:

- Prendre en compte le quartier des Plaines-du-Loup, ou non
- Avoir un degré de tolérance variable (pourcentage d'agent appartenant à la même classe requis dans le voisinage)
- Avoir une distance de tolérance variable (distance à laquelle le degré de tolérance est calculé)
- Avoir une limite de loyer qui peut influencer le choix d'appartement des agents
- Avoir une dynamique foncière qui influence l'évolution des prix des loyers
- Avoir une distance d'influence (distance à laquelle les prix des loyers sont influencés)

5.2. Méthode d'exploration et évaluation des scénarios

L'élaboration de scénarios peut être menée selon deux approches:

- Les scénarios exploratoires: lorsque toutes les combinaisons sont testées, et que l'on observe les résultats; dans notre cas, on s'intéresse aux conditions de ségrégation et aux valeurs foncières.
- Les scénarios normatifs: lorsque l'on cherche des combinaisons particulières qui aboutissent à des résultats spécifiques; dans notre cas, il peut s'agir des situations où les conditions de ségrégations sont les moins marquées ou dans lesquelles les valeurs foncières sont restées stables.

Même lorsque le nombre de valeurs possibles pour chaque paramètre est limité (entre 2 et 5), le nombre total de combinaisons différentes peut être très élevé (nombre de valeurs de paramètres multiplié par le nombre de paramètres) et donc les scénarios exploratoires très longs et fastidieux. Pour mieux les différencier, nous avons évalué les scénarios selon trois indicateurs très généraux:

- Le taux de satisfaction de l'ensemble des agents
- Le taux de satisfaction des habitants des Plaines-du-Loup
- Le loyer moyen de l'ensemble de l'espace du modèle

Nous avons sélectionné ces mesures car elles sont totalement inhérentes aux principales dynamiques de la ségrégation et des valeurs foncières. En effet, concernant le taux de satisfaction, il est totalement lié à la modalité de la ségrégation: la principale composante de la ségrégation, l'identité sociale et collective, doit être en adéquation avec l'environnement immédiat, le voisinage. C'est d'après ce concept que chaque agent du modèle observe la proportion d'agents appartenant au même groupe que le sien dans son voisinage. Lorsque ce taux est inférieur à ses exigences (défini par le degré de tolérance), l'agent n'est plus satisfait de ses conditions d'habitation et peut décider de

déménager. Ainsi, un taux de satisfaction général élevé peut être obtenu dans deux cas: soit la tolérance entre les groupes est très bonne et les agents sont donc satisfaits avec des ségrégations faibles; soit la ségrégation est proportionnelle à la tolérance des agents ce qui implique une différenciation spatiale plus ou moins importante des groupes.

La comparaison des taux de satisfaction des habitants des Plaines-du-Loup avec celle de l'ensemble des habitants de Lausanne permet de se rendre compte de l'effet de la dynamique locale sur la dynamique globale de la ville. Il s'agit donc d'un indice très précieux à cet égard et qui a motivé son utilisation comme indicateur général permettant de différencier les combinaisons.

Quant au loyer moyen et malgré les limites de ce type de mesure (faible résistance aux valeurs extrêmes, pas de variabilité perceptible), l'expérience que nous avons acquise du modèle nous a permis de considérer cet indicateur comme un excellent moyen de détection de tendances plus complexes. En effet, cette valeur est très fortement liée aux dynamiques foncières présentes dans la ville, dynamiques que nous avons intégrées dans le modèle en tant que paramètres. De plus, dans la mesure où une modification des loyers ne peut intervenir que lorsqu'il y a un changement de locataire, l'évolution de la valeur moyenne des loyers est liée aux dynamiques socio-spatiales.

Ainsi, le taux de satisfaction et le loyer moyen sont deux indicateurs que nous avons jugé être tout à fait satisfaisant pour repérer les combinaisons générant des cas particuliers. Les cas particuliers s'observent lorsqu'on compare, pour chaque scénario, la valeur de ces deux indicateurs (Fig.5.2).

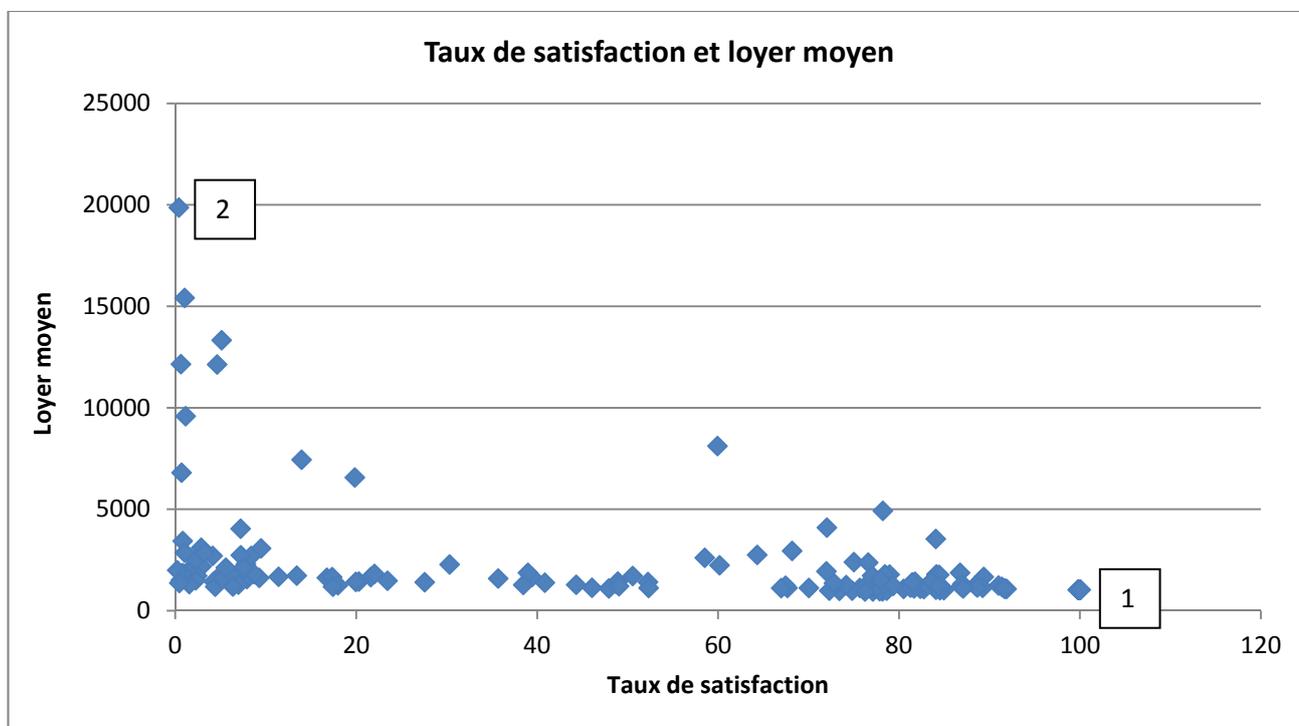


Figure 5.2 Taux de satisfaction et loyer moyen pour chaque scénario

On constate ainsi certains cas bien spécifiques, notamment les combinaisons permettant d'obtenir les loyers les plus bas avec un taux de satisfaction maximum (1), ou le cas opposé, à savoir une combinaison qui génère le loyer moyen le plus élevé cumulé du taux de satisfaction le plus bas (2).

Dans le cas où un tel graphique ne permet pas de différencier plusieurs combinaisons, un simple tri de résultats (croissant/décroissant) permet également de retrouver les paramètres les plus pertinents (Tab. 5.1).

Tableau 5.1 Tri des scénarios selon le loyer moyen observé

Numéro de combinaison	Loyer moyen	Satisfaction globale
251	929.87	79.95
57	944.39	77.1
249	948.58	81.32
252	949.35	81.57
71	950.76	76.22

Le tri des paramètres selon l'indice de satisfaction ou du loyer moyen permet non seulement de mieux comprendre l'influence de chaque paramètre mais permet également d'observer des effets de paliers, c'est-à-dire des valeurs qui modifient drastiquement l'équilibre du modèle et le fait passer à un autre régime. Ainsi, on constate par exemple un changement brutal du taux de satisfaction (Fig.5.3). Il peut alors être intéressant d'observer les spécificités d'un tel cas.

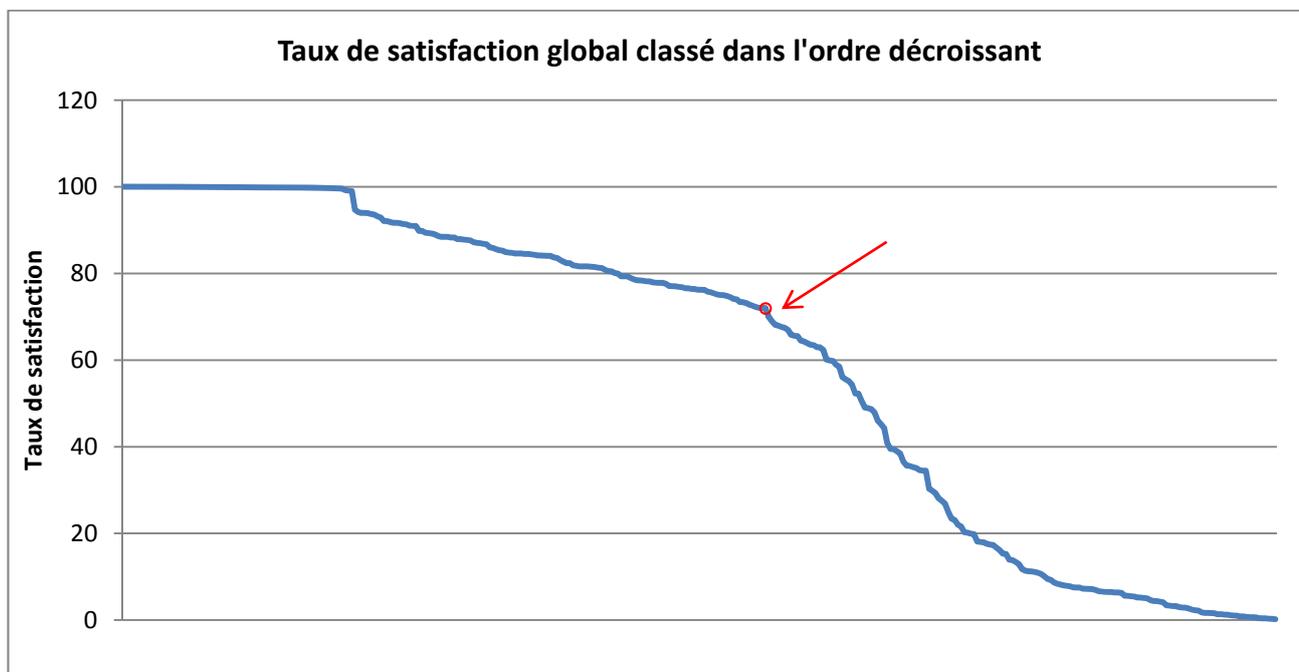


Figure 5.3 Taux de satisfaction des différents scénarios (ordre décroissant)

Il est également possible de trier les résultats des indices et les croiser avec certains critères, par exemple une valeur spécifique d'un paramètre (Tab. 5.2).

Tableau 5.2 Tri des taux de satisfaction (avec degré de tolérance à 0.6)

Numéro de combinaison	Degré de tolérance	Taux de satisfaction	Loyer moyen
82	0.6	81.64	1094.41
84	0.6	80.5	1070.48
262	0.6	76.25	1119.67
80	0.6	74.14	1263.75
260	0.6	72.57	1192.36

Ainsi, selon cette méthode d'exploration normative, nous avons sélectionné les combinaisons de paramètres permettant de générer des scénarios produisant des situations des plus variées selon les spécialisations des différents quartiers (quotient de localisation) et le niveau de ségrégation engendré (coefficient de symétrie, autocorrélation, etc.).

5.3. Scénarios retenus

Grâce aux différentes méthodes permettant de détecter des combinaisons de paramètres générant des cas particuliers, nous avons retenu les scénarios suivant qui, non seulement correspondent le mieux à différentes situations de ségrégation et de valeurs des loyers mais permettent également d'apprécier les effets potentiels de l'implémentation du quartier des Plaines-du-Loup dans le système urbain lausannois:

- Le scénario où l'on observe le loyer moyen le plus bas;
- Le scénario où l'on observe le loyer moyen le plus haut et la satisfaction la plus élevée;
- Le scénario où la tolérance est faible (degré de tolérance à 0.6 = 60 % de semblables requis) mais où le taux de satisfaction est le plus élevé.
- Le scénario qui présente la plus importante différence de taux de satisfaction global lorsque tous les paramètres sont semblables, excepté la prise en compte du quartier des Plaines-du-Loup.
- Le scénario où l'on observe la plus grande différence entre le taux de satisfaction global et le taux de satisfaction des habitants des Plaines-du-Loup.

5.4. Valeurs des paramètres

Ainsi, les scénarios correspondent à des valeurs des paramètres déterminées qui servent à générer des dynamiques sociales (ségrégation) et économiques (rente foncière) variées.

Tableau 5.3 Paramètres et valeurs

Succession des choix des paramètres	Valeurs combinées des paramètres				
	Avec			Sans	
1) Plaines-du-Loup					
2) Degré de tolérance	10 %	40 %	60 %	80 %	Taux du quartier
3) Distance de tolérance	1		3		5
4) Limite des loyers		Réaliste			Médiane et 3e quartile
5) Dynamique foncière		Hausse			Contrôlée
6) Distance d'influence	1		3		5

La succession des choix des paramètres commence par une première étape qui consiste à intégrer le nouveau quartier des Plaines-du-Loup ou non, puis de voir l'évolution du système selon toutes les combinaisons possibles des paramètres dans les étapes suivantes. Chaque étape représente donc différentes hypothèses qui s'articulent avec les précédentes.

1) Plaines-du-Loup: Avec, Sans.

Le paramètre Plaine-du-Loup permet au modèle d'effectuer les simulations avec, ou sans, la prise en compte des caractéristiques du quartier des Plaines-du-Loup.

2) Degré de tolérance: de 10 % à 80 % et «Taux du quartier»

Pour rappel, le degré de tolérance est le pourcentage de ménages appartenant à la même classe qui doit se trouver à la distance de tolérance pour que le ménage considéré soit satisfait. Le cas échéant, le ménage ne cherchera pas un nouveau logement. Le «taux du quartier» est le pourcentage de chaque classe que l'on observe à l'échelle du quartier statistique. Les agents (ménages) ne sont satisfaits que si ce taux est atteint ou dépassé. Cela permet de mieux prendre en compte les caractéristiques initiales des quartiers: lorsqu'une classe sociale est très représentée, les ménages appartenant aux autres classes sont «habitués» et ne seront insatisfaits que si les conditions devaient évoluer vers une diminution de leur représentation. Ce taux du quartier est actualisé à chaque étape.

3) Distance de tolérance: de 1 à 5 (incrémentation: 2)

La distance de tolérance est évaluée par la distance dite «de la reine» à laquelle chaque agent peut comptabiliser les autres agents (appartenant à sa classe ou non) et ainsi vérifier si son «degré de tolérance» est atteint.

4) Limite des loyers: «Réaliste», «Médiane et 3^e quartile»

La limite des loyers dépend de la limite financière des ménages qui est l'un des facteurs les plus importants quant au choix d'un nouveau logement. Il était donc indispensable de trouver des valeurs limites selon les classes sociales. Nous avons choisi de ne retenir que deux cas de figure: lorsque l'on utilise les revenus moyens des ménages lausannois ou lorsque l'on utilise la distribution des loyers générés par le modèle.

Pour le paramètre: «réaliste», nous avons choisi le revenu moyen du premier et du troisième quartile pour définir le loyer limite de la classe inférieure et de la classe supérieure. Ce choix correspond en effet très bien à la répartition de ces deux classes qui représentent respectivement 25 % et 50 % de l'ensemble des ménages. Cette limite dite «réaliste» permet d'augmenter significativement le nombre d'appartements à disposition, particulièrement pour la classe moyenne.

- Loyer limite pour la classe inférieure: le tiers du revenu moyen mensuel du premier quartile des:
 - personnes seules pour les ménages de 1 personne, soit 748.-
 - couples mariés (75 % des cas) ou familles monoparentales (25 % des cas) pour les ménages de 2 personnes, soit 1'882.- ou 1'216.-
 - couples mariés pour les ménages de 3 personnes et plus, soit 1'882.-
- Loyer limite pour la classe moyenne: le tiers du revenu moyen mensuel du troisième quartile:
 - personnes seules pour les ménages de 1 personne, soit entre 748.- et 1944.-
 - couples mariés (75 % des cas) ou familles monoparentales (25 % des cas) pour les ménages de 2 personnes, soit entre 1'882 et 3969.- ou entre 1'216 et 2440.-
 - couples mariés pour les ménages de 3 personnes et plus, soit entre 1'882 et 3969.-

Lorsque le paramètre est fixé à «Médiane et 75^e centile»:

- Loyer limite pour la classe inférieure: loyer médian lors de l'état initial
- Loyer limite pour la classe moyenne: loyer du 3^e quartile lors de l'état initial

5) Dynamique foncière: Hausse, Contrôle

Bien qu'il s'agisse d'un facteur déterminant pour comprendre la dynamique foncière, le taux d'augmentation des logements est une donnée impossible à obtenir pour tous les logements

lausannois (cf chapitre 3). Nous avons ainsi défini que deux cas de figure pouvaient advenir et qu'il s'agissait de tester:

- une dynamique foncière à la hausse, telle qu'observée actuellement, avec des augmentations de loyer qui peuvent être importantes lors d'un changement de locataire: Hausse des prix:

- hausse maximale à chaque changement de locataire: 30 %
- pas de baisse possible

- une dynamique régulée, cas de figure qui pourrait s'observer dans le cas d'une intervention des pouvoirs publics sur le taux d'augmentation des loyers. Contrôle:

- hausse ou baisse maximale à chaque changement de locataire: 10 %

6) Distance d'influence: de 1 à 5 (incrémentation: 2)

Il s'agit de la distance à laquelle les prix s'influencent. Il s'agit du même type de voisinage que la distance de tolérance, à savoir un voisinage «de la reine».

5.5. Discussion sur les valeurs des paramètres

Au total, les 6 paramètres créent 360 combinaisons possibles lorsque l'on inclut toutes leurs valeurs respectives ($2*5*3*2*2*3$). Il est bien évident que les choix qui ont conduit à spécifier les valeurs des paramètres sont arbitraires, mais ces choix sont issus de l'ensemble de la démarche théorique et méthodologique ainsi que d'un calibrage effectué dans le temps lors de la construction du modèle de simulation. En effet, ces paramètres sont systématiquement issus de nos réflexions quant aux principales dynamiques sociales et foncières, dynamiques que l'on observe dans les espaces urbains: par exemple les questions liées à la ségrégation doivent être considérées comme le résultat de la sensibilité de chacun concernant la composition de son voisinage. Ou encore: les dynamiques foncières qui sont indéniablement liées aux effets systémiques de valorisation/dévalorisation générés par l'ensemble des éléments d'un espace urbain et que nous avons tenté de condenser dans des paramètres auxquels des valeurs ont été fixées. Nous avons également calibré certains paramètres d'après des données à disposition (par exemple le loyer d'après le revenu moyen); d'autres ont été calibrés après de très nombreux essais qui ont permis de déterminer les valeurs les plus vraisemblables ou qui généraient les résultats les plus réalistes.

La procédure ayant été explicitée, nous pouvons désormais parcourir les résultats des simulations obtenus d'après les scénarios retenus et les analyser à l'aide des différentes mesures, indices et statistiques afin de les comparer avec l'état initial, c'est-à-dire la situation actuelle de la ville de Lausanne.

6. Analyse des simulations et résultats comparatifs

Dans ce chapitre, nous présenterons successivement les résultats des simulations qui découlent des scénarios retenus. Pour chacun, nous précisons les paramètres qui ont été utilisés, puis nous analyserons les résultats avec les différentes mesures et indicateurs retenus et utilisés précédemment. Durant ces analyses, nous détaillerons et tenterons de déterminer non seulement les effets des différentes valeurs de paramètres, mais également les effets systémiques, s'il y en a, lorsque le quartier des Plaines-du-Loup est intégré. Les scénarios suivants (6.1 à 6.5) ont été retenus en raison de leurs caractéristiques particulières:

- **6.1:** les premiers scénarios permettent d'obtenir un système dans lequel les agents sont très satisfaits alors que le désir d'entre-soi est très fort. Nous constaterons ainsi qu'il est possible de donner une organisation socio-spatiale à une société dont les groupes sociaux ne désirent pas partager leur voisinage avec d'autres groupes. Avec de telles contraintes initiales et malgré les efforts en termes de mixité, le projet des Plaines-du-Loup ne peut contribuer que de manière très légère à l'atténuation de la ségrégation.
- **6.2:** la deuxième comparaison de scénarios permet d'observer un système où l'on observe le loyer moyen le plus bas de toutes les combinaisons possibles. Les analyses démontrent qu'un accès au logement facilité (grâce aux prix bas) ne permet pas forcément d'éviter des ségrégations socio-spatiales. La comparaison entre la combinaison avec ou sans le projet des Plaines-du-Loup révèle des différences significatives sur la ségrégation du système: le nouveau quartier permet d'atténuer la ségrégation socio-spatiale mais au prix d'une légère hausse des loyers et d'une baisse de la satisfaction globale.
- **6.3:** dans le troisième binôme de scénarios, on observe un taux de satisfaction très élevé (> 85 %), mais avec un loyer moyen très élevé. On constatera que quelques logements aux loyers très élevés sont apparus dans le système sans pour autant péjorer les conditions de logements des autres ménages. Dans ce scénario, nous observerons l'influence du projet des Plaines-du-Loup: le nouveau quartier favorise les prix élevés, mais ne modifie pas les dynamiques, déjà peu marquées, de ségrégation socio-spatiale.
- **6.4:** dans la quatrième comparaison de scénarios, nous observerons les variations du taux de satisfaction global lorsque l'on intègre le projet du quartier des Plaines-du-Loup ce qui permettra de s'interroger sur les différents effets systémiques dudit projet. Un des objectifs du projet «Métamorphose» étant de favoriser la mixité sociale, nous illustrerons les effets positifs et négatifs de ce quartier sur le système socio-spatial lausannois.

- **6.5:** le cinquième et dernier scénario présenté dans cette recherche illustre le cas particulier dans lequel les habitants des Plaines-du-Loup sont très insatisfaits en comparaison de la moyenne de la ville. Nous verrons ainsi que les conditions locales peuvent faire varier fortement cet indicateur.

Grâce à ces différents scénarios, nous serons en mesure d'apprécier les effets potentiels du quartier des Plaines-du-Loup sur la ségrégation et sur les valeurs foncières du système urbain lausannois.

6.1. Scénario A

Ce scénario doit permettre de déterminer quelles structures socio-spatiales sont liées à un fort désir d'entre-soi. En effet, lorsque les exigences en termes de voisinage sont élevées, on peut s'attendre à une grande mobilité des ménages en raison de la difficulté à trouver un environnement satisfaisant. Dans ce contexte, les caractéristiques et le programme du quartier des Plaines-du-Loup peuvent difficilement influencer la tendance à la ségrégation.

Les paramètres qui permettent de telles conditions sont les suivants (Fig.6.1):

- le degré de tolérance est fixé à 60 % (le pourcentage minimal d'agents devant appartenir au même groupe).
- la distance de tolérance est fixée à 1 (les agents observent leur voisinage dans un rayon de 1, soit environ 30 m).
- la limite des loyers «médiane et 3^e quartile» implique:
 - o que le loyer pour la classe inférieure est le loyer médian lors de l'initialisationet
 - o que le loyer pour la classe moyenne est le loyer du 3^e quartile lors de l'initialisation.
- la dynamique foncière est «contrôlée» ce qui signifie que les baisses de loyers sont possibles et que la variation du loyer (hausse et baisse) est de 10 % au maximum lorsque le ménage change d'appartement.
- la distance d'influence est fixée à 3, soit une valeur moyenne pour ce paramètre (compris entre 1 et 5).

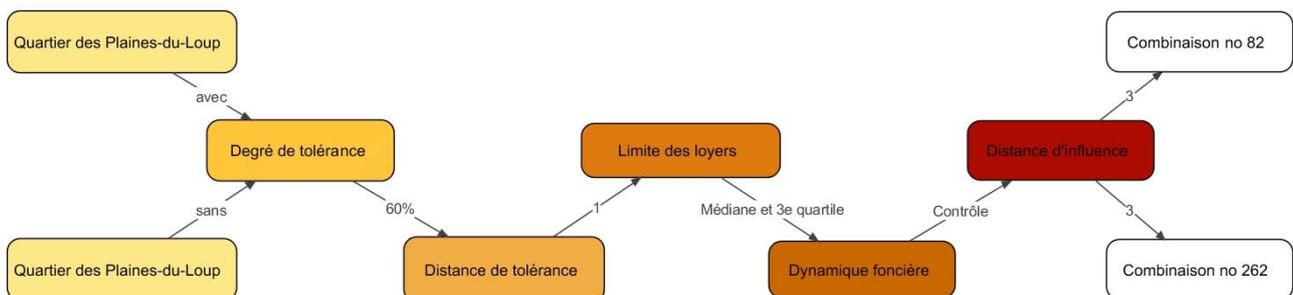


Figure 6.1 Combinaison de paramètres (scénario A)

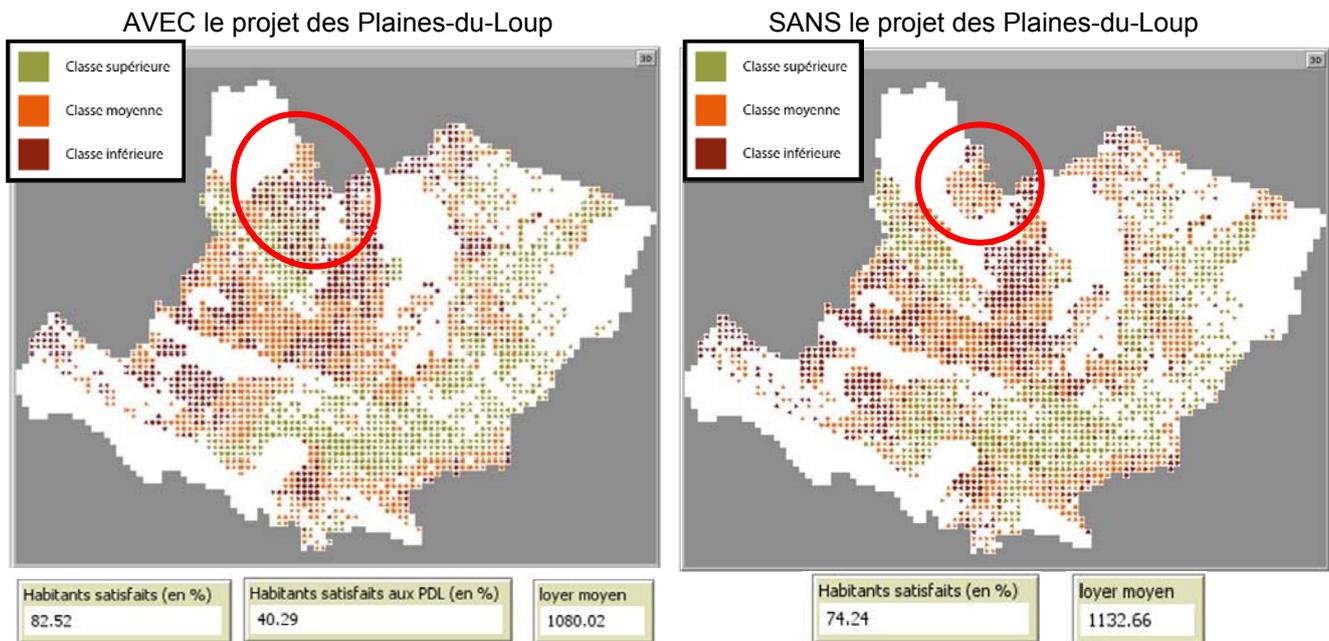


Figure 6.2 Résultat des simulations (scénario A)

Les premières observations (Fig.6.2) nous permettent de constater que la répartition spatiale présente des structures relativement nettes et similaires dans les deux cas: chaque groupe a adopté une modalité de regroupement très homogène; on n'observe que quelques rares cas de ménages seuls au milieu d'un groupe différent. Cet état de fait correspond parfaitement au paramètre du modèle concernant le degré de tolérance qui implique que 60 % des ménages voisins doivent appartenir au même groupe pour que les agents soient satisfaits. Lorsque le projet du quartier des Plaines-du-Loup est intégré, on observe une légère modification des répartitions spatiales dans les quartiers alentour, notamment au nord du nouveau quartier (Fig. 6.2).

Une analyse plus détaillée (Fig. 6.3) des structures socio-spatiales des différents groupes permet de repérer les principales structures socio-spatiales ainsi que leur concentration. À nouveau, les similitudes sont apparentes avec ou sans le projet des Plaines-du-Loup: les groupes ont une tendance à l'homogénéisation:

- Dans les deux scénarios, la classe inférieure est faiblement représentée (moins de 10 %) dans plus de la moitié des quartiers et ne se concentre fortement (plus que 75 %) que dans un nombre très limité de quartiers (3 et 4 quartiers selon le scénario). Du point de vue de la distribution spatiale, dans les deux cas, la grande majorité des quartiers accueillant des ménages de la classe moyenne se situent sur la partie ouest de la ville. Le taux médian de concentration (Tab. 6.1) est le plus faible des trois classes, ce qui corrobore les précédentes analyses sur la concentration faible, mais omniprésente de la classe inférieure.
- La classe moyenne présente une répartition relativement homogène sur l'ensemble du territoire. Toutefois, c'est principalement dans le centre de la ville que l'on observe la plupart des quartiers avec de forts taux de concentration. Cette tendance semble renforcée lorsque le

projet du quartier des Plaines-du-Loup est intégré. Les ménages de cette classe sont ceux qui sont présents dans le plus grand nombre de quartiers: ils sont totalement absents d'un nombre très restreint de quartiers et faiblement représentés dans environ 15 % des quartiers seulement. On constate également que le taux de concentration médian est le plus haut des trois classes (Tab. 6.1): il est légèrement supérieur lorsque le projet dans les Plaines-du-Loup est intégré, ce qui signifie que la concentration est plus forte dans ce cas.

- La classe supérieure s'illustre par de forts taux de concentration dans de multiples quartiers du centre et de l'est de la ville. De plus, son absence totale dans plusieurs quartiers démontre un regroupement très important de cette classe dans un nombre restreint de quartiers. À l'échelle locale du quartier des Plaines-du-Loup, les taux de concentration de la classe supérieure semblent plus importants lorsque le quartier est habitable: la classe supérieure y est d'ailleurs fortement représentée (à 63 %).

Ce scénario illustre bien les caractéristiques d'une société dont les différents groupes cherchent à obtenir des voisinages correspondant à leur appartenance sociale. En effet, plus ce critère devient strict, plus il est difficile de trouver des quartiers offrant encore un semblant de mixité sociale. Bien que cette règle rende théoriquement impossible la cohabitation des groupes (une contrainte de 60 % de ménages similaires exclut *de facto* tout autre groupe dans l'espace considéré, ce dernier ne pouvant jamais obtenir également un taux de 60 %), le système a su générer une structure socio-spatiale satisfaisante pour plus de 74 % des agents, voir 82 % lorsque le projet du quartier des Plaines-du-Loup est intégré: des taux exceptionnels au regard des contraintes. Si l'on observe les concentrations des classes dans les quartiers, l'homogénéité des groupes est évidente. Cette modalité de regroupement permet cette satisfaction globale exceptionnelle, mais l'effet d'entre-soi est renforcé par le fait que les ménages sont regardants à un niveau très local. En effet, le paramètre «distance de tolérance» présente la valeur la plus faible ce qui implique que les agents ne vont considérer que leur voisinage immédiat, rendant ainsi possible la cohabitation de groupes différents dans des espaces plus grands, tels qu'un quartier.

Tableau 6.1 Taux de concentration médian (scénario A)

	Classe supérieure	Classe moyenne	Classe inférieure
Avec PDL	0.26	0.46	0.10
Sans PDL	0.25	0.40	0.11

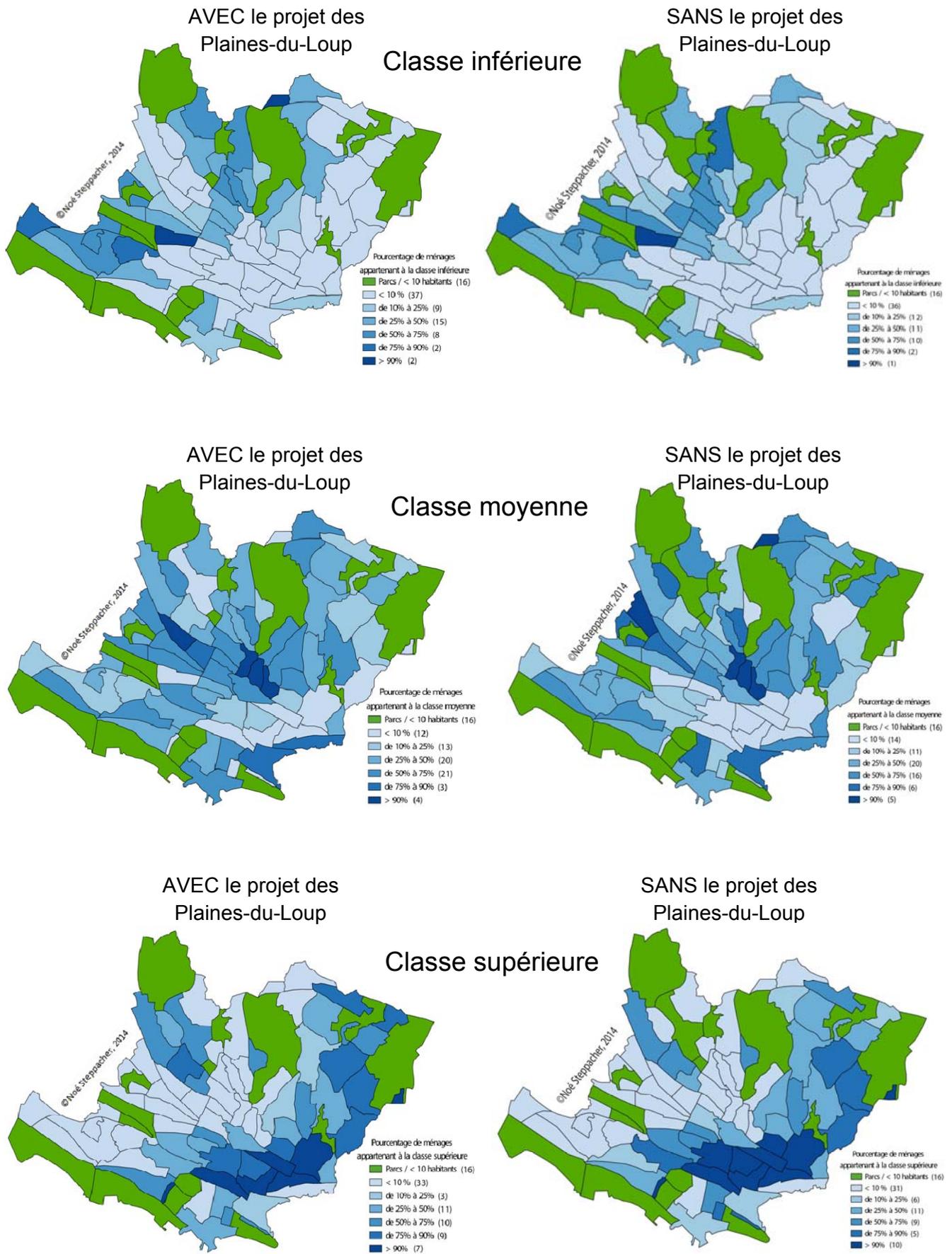


Figure 6.3 Pourcentage de chaque classe sociale par quartier (scénario A)

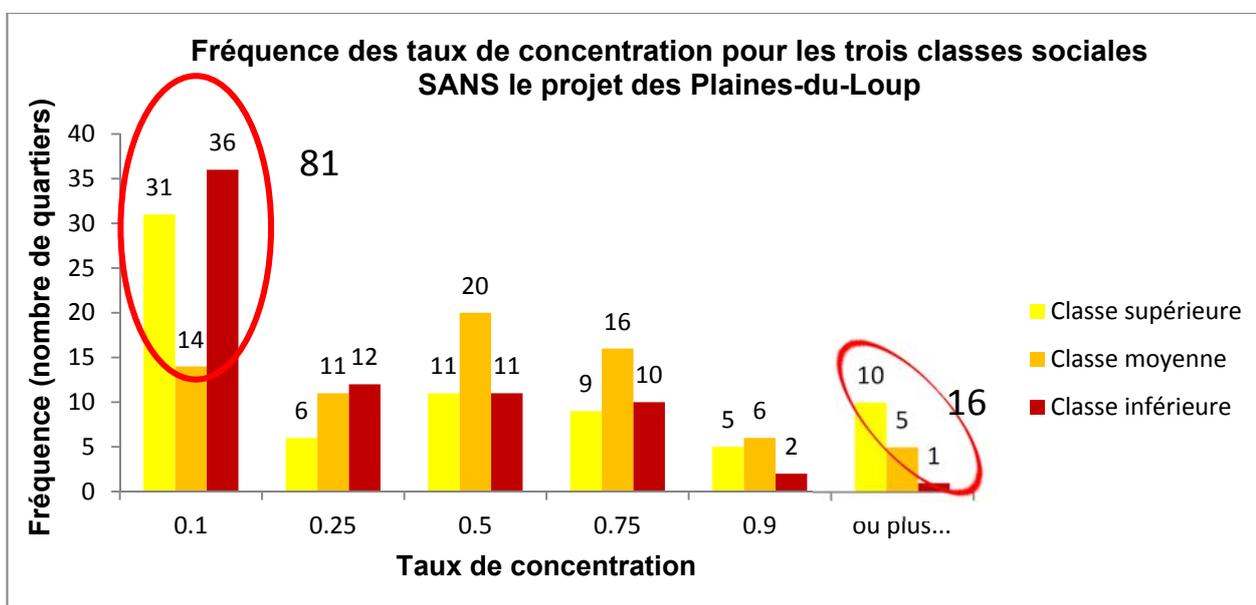
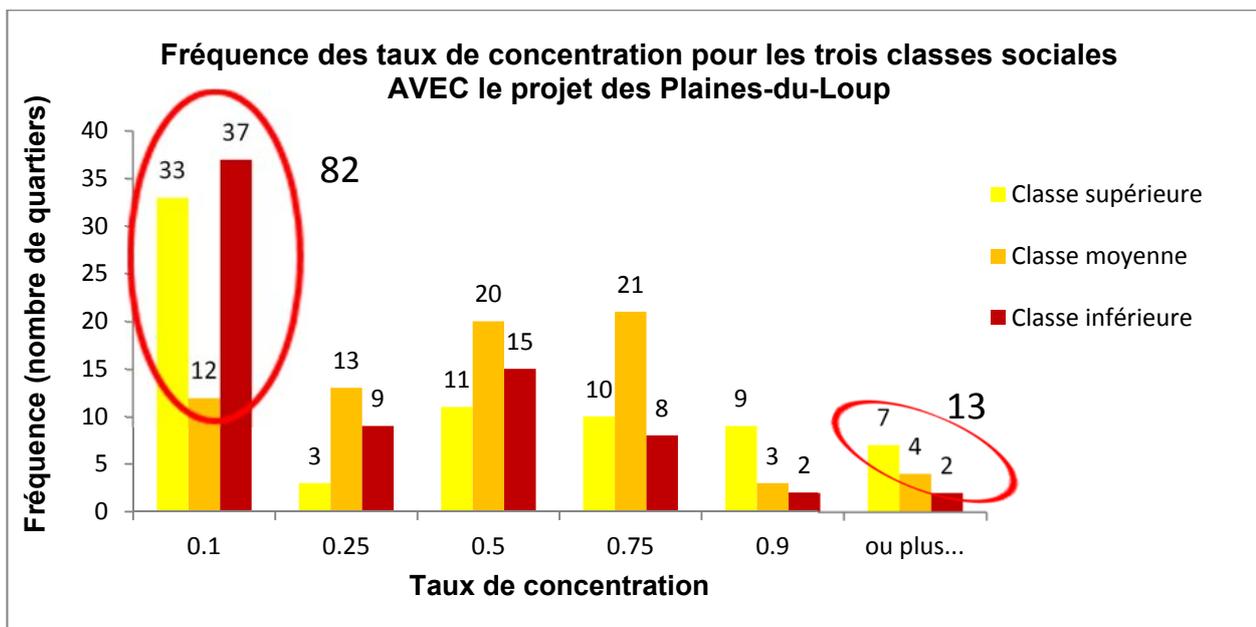


Figure 6.4 Fréquence des taux de concentration (scénario A)

Les fréquences des taux de concentration (Fig. 6.4) permettent une bonne compréhension des dynamiques socio-spatiales de ces scénarios. Dans les deux cas, soit lorsque le projet des Plaines-du-Loup est intégré ou non, on observe plus de 80 (respectivement 82 et 81) quartiers dans lesquels une classe sociale présente un taux de concentration inférieur ou égal à 10 %. À l'autre extrême, dans environ 20 % des quartiers (respectivement 13 et 16 quartiers sur 73), une classe sociale est présente à 90 % ou plus. Ces taux extrêmes nous indiquent une ségrégation prononcée. On peut résumer l'analyse des distributions de la manière suivante:

- la classe inférieure présente une fréquence des taux faibles (< 25 %) supérieure aux deux autres classes.
- La classe moyenne présente une forte fréquence des taux médians (entre 25 % et 75 %).
- La classe supérieure dispose d'une forte fréquence des taux très élevés (>90 %).

Tableau 6.2 Coefficient d'asymétrie (scénario A)

Coefficient d'asymétrie	Classe supérieure	Classe moyenne	Classe inférieure
Avec le projet des Plaines-du-Loup	0.43	0.19	1.23
Sans le projet des Plaines-du-Loup	0.46	0.29	1.26

Le coefficient d'asymétrie (Tab. 6.2) souligne cet état de fait et démontre que, lorsque le projet du quartier des Plaines-du-Loup est intégré, la distribution est légèrement plus étalée à gauche, ce qui signifie que l'on observe davantage de taux inférieurs à la moyenne dans ce cas. On peut en déduire une ségrégation moins prononcée lorsque le quartier des Plaines-du-Loup influence les dynamiques urbaines. Soulignons que le coefficient de la classe inférieure est nettement supérieur aux deux autres, ce qui illustre la tendance à de faibles taux de concentration pour les ménages de cette classe. À l'inverse, le coefficient relativement proche de 0 de la classe moyenne indique que la distribution est proche de la normale (c'est à dire avec une majorité de taux de concentration proche de la moyenne).

L'autocorrélation (Tab. 6.3) est positive pour les trois classes, particulièrement pour la classe supérieure et la classe inférieure ce qui signifie qu'il existe un lien de causalité entre les concentrations observées dans un quartier et celles observées dans le quartier voisin. La variation de l'indice pour la classe supérieure peut s'interpréter comme un renforcement de la ségrégation pour cette classe (et inversement pour la classe moyenne).

Tableau 6.3 Autocorrélation spatiale globale des taux de concentrations (I de Moran) (scénario A)

I de Moran	Classe supérieure	Classe moyenne	Classe inférieure
Avec le projet des Plaines-du-Loup	0.43	0.16	0.40
Sans le projet des Plaines-du-Loup	0.40	0.19	0.40

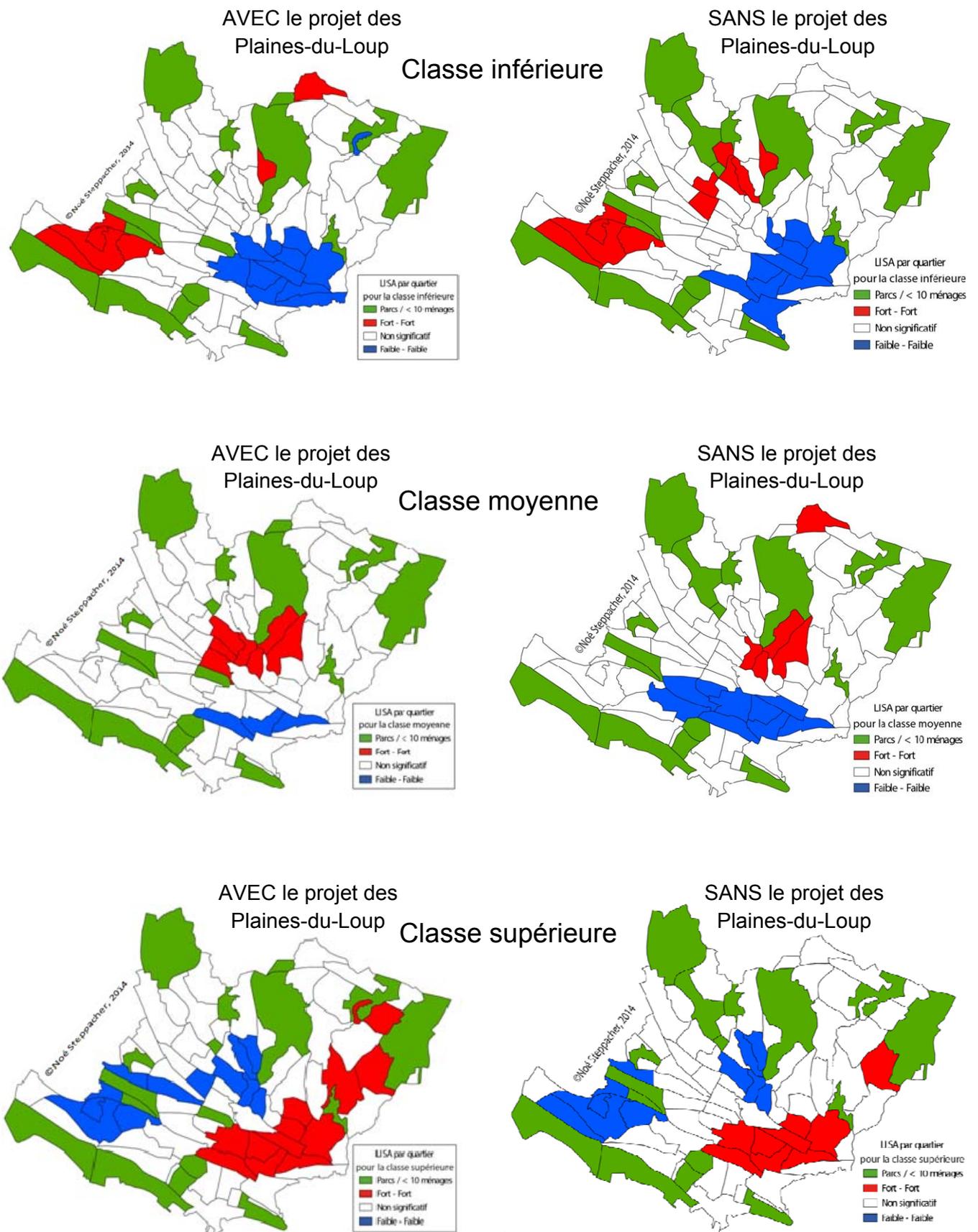


Figure 6.5 LISA par quartier (scénario A)

Les LISA par quartier (Fig. 6.5) confirment les analyses précédentes concernant la très forte homogénéité des structures socio-spatiales des différentes classes: plusieurs quartiers présentant de fortes concentrations se joutent. Il en est de même pour les concentrations faibles puisque l'on observe que les quartiers avec de faibles taux sont presque systématiquement des quartiers voisins. On peut donc en déduire que la ségrégation est forte et se cumule d'un étalement relativement important sur le territoire: les groupes sont très homogènes et occupent plusieurs quartiers attenants. Cela exclut de fait les autres classes qui sont donc systématiquement absentes desdits quartiers. Dernier aspect, on constate que l'intégration du projet des Plaines-du-Loup ne modifie pas profondément les répartitions spatiales et les LISA sont quasiment identiques dans les deux cas

Les quotients de localisation (Fig. 6.6) illustrent les dynamiques socio-spatiales déjà identifiées. Ils apportent cependant des détails supplémentaires, notamment concernant la classe supérieure pour laquelle un taux nul (quotient entre 0.9 et 1.1.) ne s'observe que dans un quartier (avec le projet des Plaines-du-Loup) ou deux quartiers (sans le projet des Plaines-du-Loup). On observe également une surreprésentation de cette classe dans le quartier des Plaines-du-Loup et dans les quartiers attenants:

En revanche, on observe davantage de quartiers avec un quotient nul pour la classe moyenne et inférieure lorsque le projet des Plaines-du-Loup est intégré, ce qui peut s'interpréter comme une ségrégation moindre de ces deux classes le cas échéant.

Dans les deux scénarios, on observe que:

- la classe inférieure est sous-représentée dans un grand nombre de quartiers et qu'elle s'est concentrée dans la partie ouest et nord de la ville.
- la classe moyenne s'illustre par des quotients très hétérogènes et ne présente pas de structures claires. Ceci s'explique par des taux de concentration plus modérés de cette classe dans les différents quartiers.

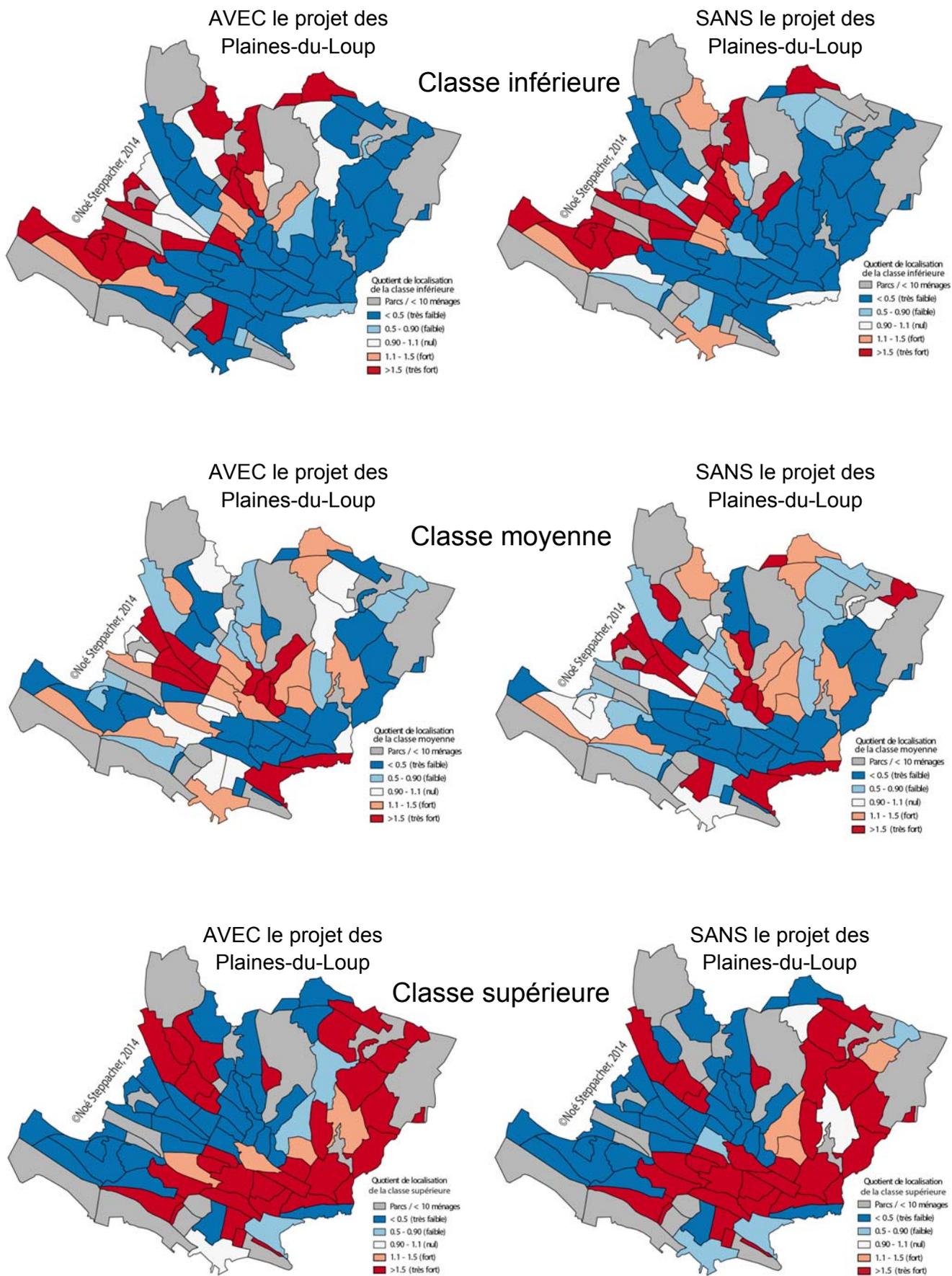


Figure 6.6 Quotients de localisation des classes sociales (scénario A)

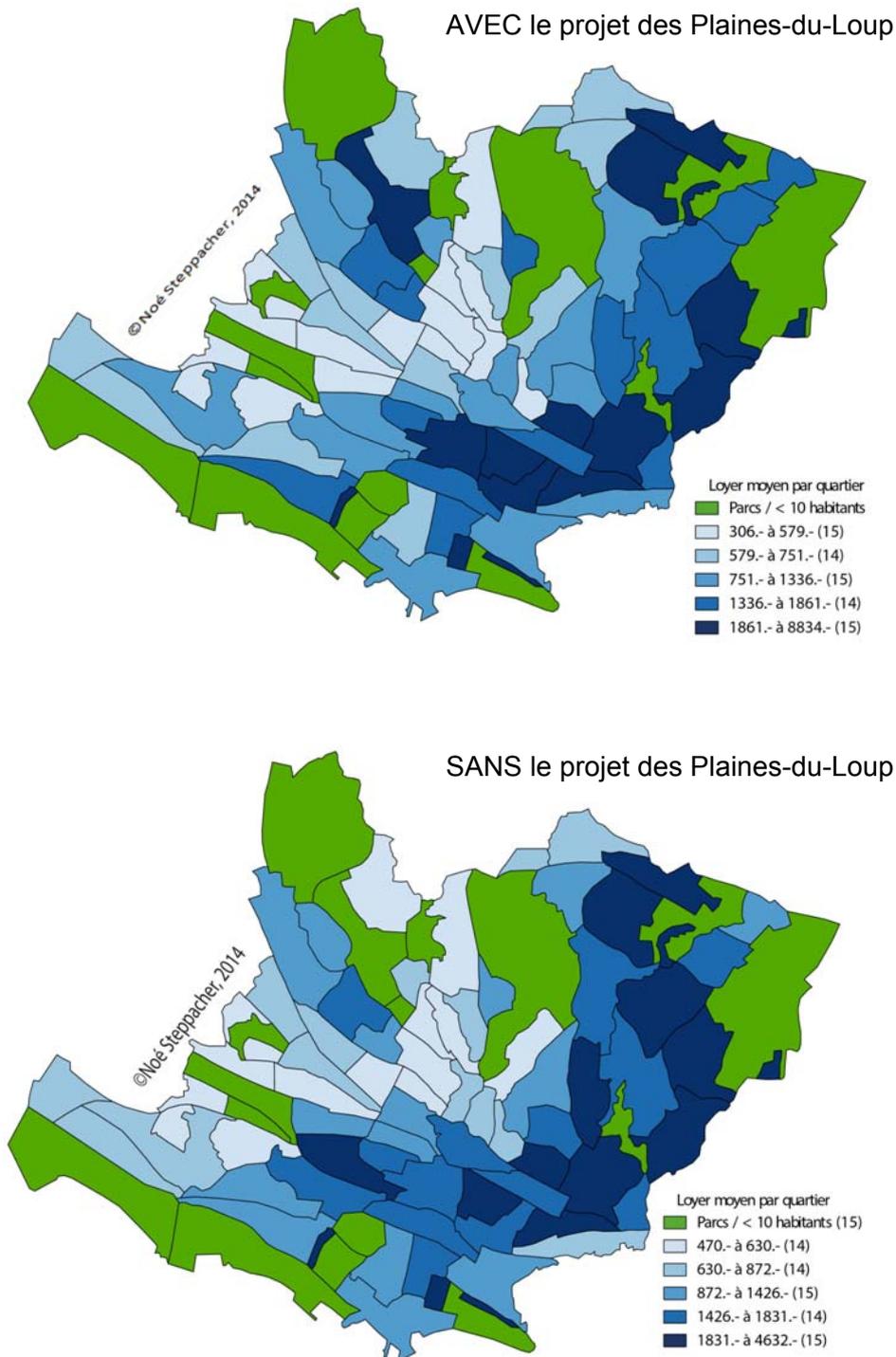


Figure 6.7 Loyer moyen par quartier (scénario A)

L'analyse des valeurs foncières dans ces deux scénarios (Fig. 6.7) démontre qu'une forte ségrégation sociale n'occasionne pas de dynamique foncière particulière: la localisation des prix élevés correspond à celle de la classe supérieure.

On constate ainsi que ces scénarios proposent des loyers relativement modérés en raison du paramètre lié à la dynamique foncière qui est fixé sur «contrôle». Les loyers ont peu augmenté par rapport à l'état initial (Tab. 6.5). À cet égard, l'intégration du projet des Plaines-du-Loup n'occasionne

pas une hausse générale des loyers bien que les prix observés dans ce quartier appartiennent au quintile maximal (en l'occurrence, un loyer moyen de 2370 CHF). L'indice d'autocorrélation (Tab.6.5) confirme cette analyse: les valeurs ont moins tendance à se propager lorsque le projet des Plaines-du-Loup est intégré.

Le paramètre qui détermine la distance d'influence a une valeur moyenne (3) ce qui évite un effet domino des prix. Finalement, la restriction d'acquisition des loyers est la plus stricte, mais permet aux différentes classes de trouver tout de même un logement. Dans la mesure où le taux de satisfaction est meilleur lorsque le projet des Plaines-du-Loup est intégré, on peut déduire que:

- la construction de ce quartier permet un taux de vacance plus important;
- ce taux de vacance favorise les changements de domicile des ménages qui ne seraient pas satisfaits de leurs conditions;
- les ménages trouvent rapidement un logement correspondant à leur attente concernant la composition socio-économique de leur voisinage.

Tableau 6.4: Loyer moyen avant et après simulation (scénario A)

Loyer moyen lors de l'état initial	1024
Loyer moyen avec le projet des Plaines-du-Loup	1080
Loyer moyen sans le projet des Plaines-du-Loup	1132

Tableau 6.5 Autocorrélation globale des loyers moyens par quartier (scénario A)

Loyers moyens par quartier	I de Moran
Avec le projet des Plaines-du-Loup	0.21
Sans le projet des Plaines-du-Loup	0.38

En conclusion, la ségrégation est très marquée dans ces scénarios. Les ménages cherchent à s'entourer d'une forte majorité de ménages semblables ce qui les contraint à se regrouper et se concentrer dans certains quartiers. Cette recherche d'entre-soi est atténuée par le fait que la perception du voisinage ne s'effectue que sur une faible distance.

Le projet du quartier des Plaines-du-Loup ne permet pas de contrebalancer cette dynamique de ségrégation, mais l'atténue légèrement, notamment pour la classe moyenne et inférieure. Quant à la dynamique foncière, on constate que la régulation des prix augmente le potentiel de mobilité des ménages (davantage de prix bas = davantage de choix) ce qui permet d'améliorer la satisfaction globale.

6.2. Scénario B

Ces deux scénarios permettent d'illustrer l'évolution potentielle d'un système urbain lausannois dans lequel les variations des loyers sont limitées. Ces scénarios ont comme particularité de générer les loyers moyens les plus bas, ce qui peut être considéré comme un facteur décisif pour intégrer les couches les moins favorisées de la population. En effet, si la classe inférieure peut accéder à un grand nombre d'appartements, elle peut potentiellement mieux se mêler aux autres classes sociales.

Les paramètres qui permettent de générer de tels scénarios sont les suivants (Fig.6.8):

- le degré de tolérance est fixé à 40 % (le pourcentage minimal d'agents devant appartenir au même groupe).
- la distance de tolérance est fixée à 5 (les agents observent leur voisinage dans un rayon de 5, soit environ 150 m).
- la limite des loyers «réaliste» implique que le loyer maximal est équivalent au tiers du revenu mensuel: celui-ci est différent selon la classe sociale et le nombre de personnes dans le ménage.
- la dynamique foncière est «contrôlée» ce qui signifie que les baisses de loyers sont possibles et que la variation du loyer (hausse et baisse) est de 10 % au maximum lorsque le ménage change d'appartement.
- la distance d'influence est fixée à 5, soit la valeur la plus importante pour ce paramètre.

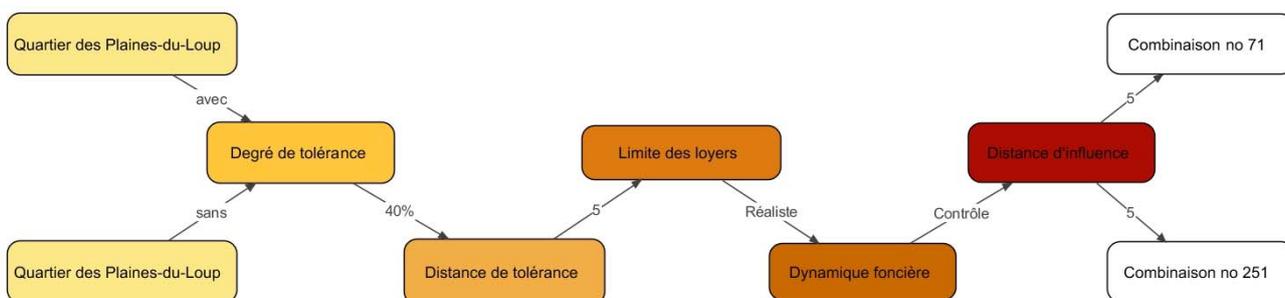


Figure 6.8 Combinaison de paramètres (scénario B)

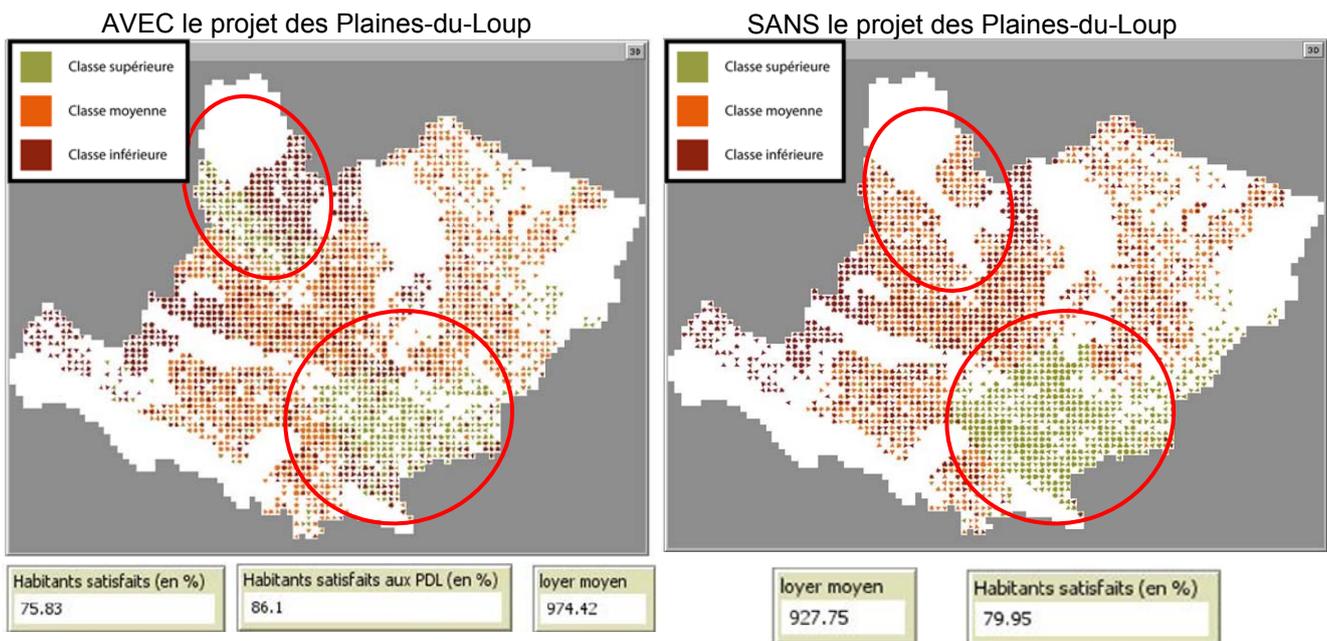


Figure 6.9 Résultat des simulations (scénario B)

Les premières observations du modèle (Fig.6.9) laissent apparaître de façon indiscutable un regroupement très important de la classe supérieure (en jaune) entre le centre et l'est du modèle. Dans le scénario où les Plaines-du-Loup sont intégrées, on observe la présence de la classe supérieure dans les quartiers alentours et l'étalement de la classe inférieure dans le nouveau quartier ainsi qu'au nord.

La classe inférieure et la classe moyenne se partagent de nombreux quartiers, à l'exception du sud-ouest où la classe inférieure semble particulièrement représentée tandis que la classe moyenne paraît avoir privilégié les espaces au nord-ouest.

Ainsi, dans ce scénario (Fig.6.10), nous constatons que la localisation des différents groupes est relativement distincte: chaque groupe se situe dans un espace précis de la ville.

- les plus fortes concentrations de ménages appartenant à la classe inférieure se situent dans l'ouest et le nord lausannois. Environ 70 % des quartiers (respectivement 56 quartiers avec le projet des Plaines-du-Loup et 51 quartiers sans, sur 73 au total) présentent des taux de concentration inférieurs à 25 %, et entre 12 (avec le projet) et 15 quartiers (sans le projet) avec un taux nul. Les taux médians (Tab. 6.6) pour cette classe (0.18 et 0.12) illustrent parfaitement cette fréquence importante des taux faibles.
- la classe moyenne est bien représentée dans les quartiers nord et sud. Elle est totalement absente de 13 (avec le projet) 18 quartiers (sans le projet), soit davantage que la classe inférieure. Son taux de concentration médian (Tab. 6.6) est cependant le plus élevé (0.62) des trois classes.

- la répartition spatiale de la classe supérieure est très nette: elle occupe l'entier de l'est lausannois avec des taux très importants dans 7(avec le projet) et 13 quartiers (sans le projet) (dont, respectivement, 2 quartiers et 11 quartiers avec un taux de 100 %). Autre particularité, cette classe est représentée à moins de 25 % dans 45 (avec le projet) et 46 quartiers (sans le projet) sur 73 quartiers, mais n'est totalement absente que de 1 ou 9 quartiers, soit le taux le plus bas des trois classes.

Ces premières observations permettent de constater une ségrégation relativement importante des différentes classes, particulièrement lorsque les Plaines-du-Loup ne sont pas occupées: dans ce cas, 17 quartiers sur 72, soit près de 25 %, n'accueillent qu'une seule classe sociale. Ce résultat est relativement contre-intuitif par rapport aux paramètres de départ qui présentaient un «degré de tolérance» plutôt bas de 40 %. De même, le paramètre influant sur la restriction des loyers est le moins strict des deux, ce qui permettrait également d'envisager une mixité sociale dans les différents quartiers, ce qui n'est pourtant pas le cas.

Le taux de concentration médian de la classe moyenne est très supérieur aux deux autres classes (Tab. 6.6), ce qui laisse supposer que celle-ci s'est fortement concentrée puisque la moitié des quartiers où la classe moyenne est observée dispose d'un taux supérieur à 62 % voire 63 %.

Tableau 6.6 Taux de concentration médian (scénario B)

Taux médian	Classe supérieure	Classe moyenne	Classe inférieure
Avec le projet des Plaines-du-Loup	0.18	0.63	0.13
Sans le projet des Plaines-du-Loup	0.12	0.62	0.16

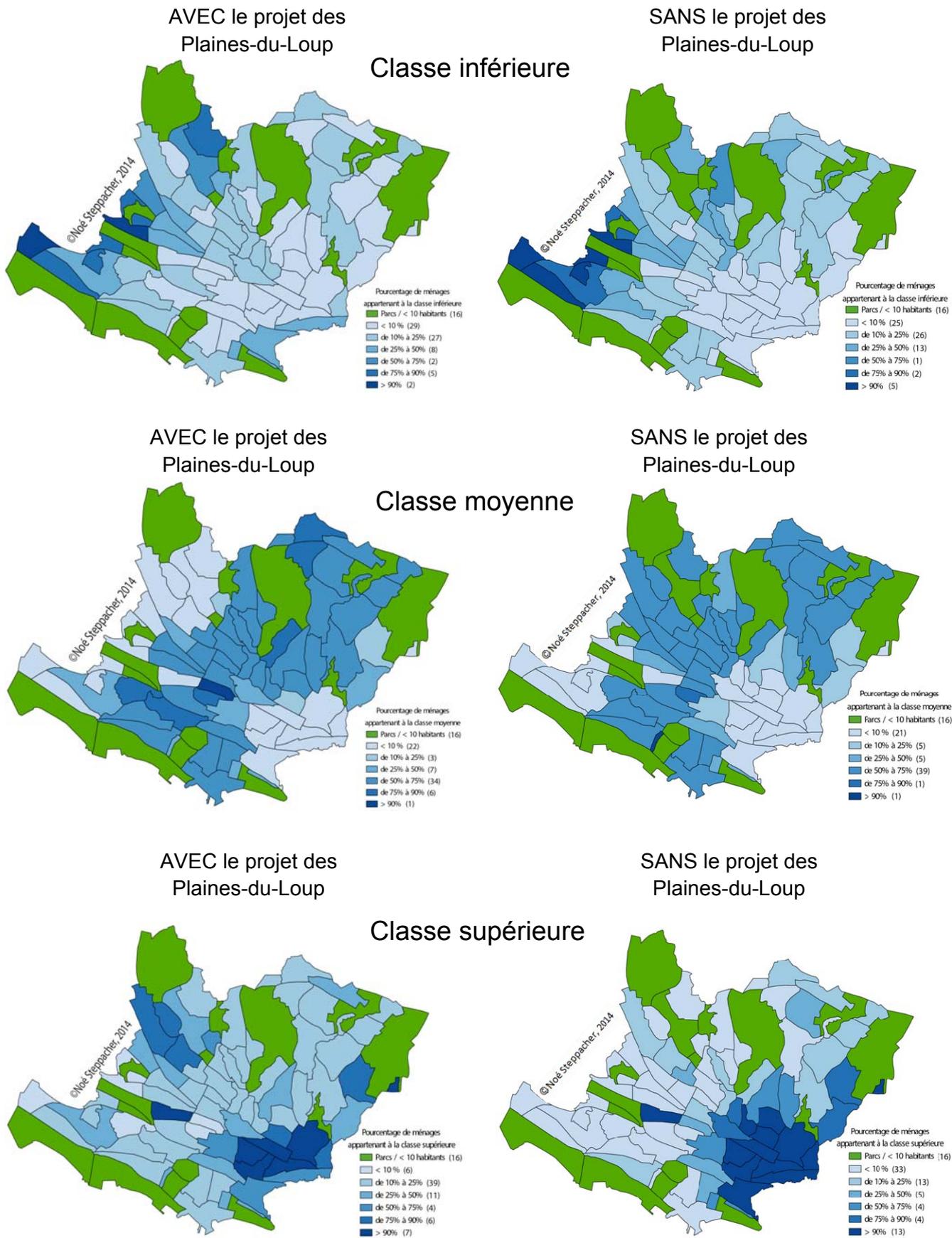


Figure 6.10 Pourcentage de chaque classe sociale par quartier (scénario B)

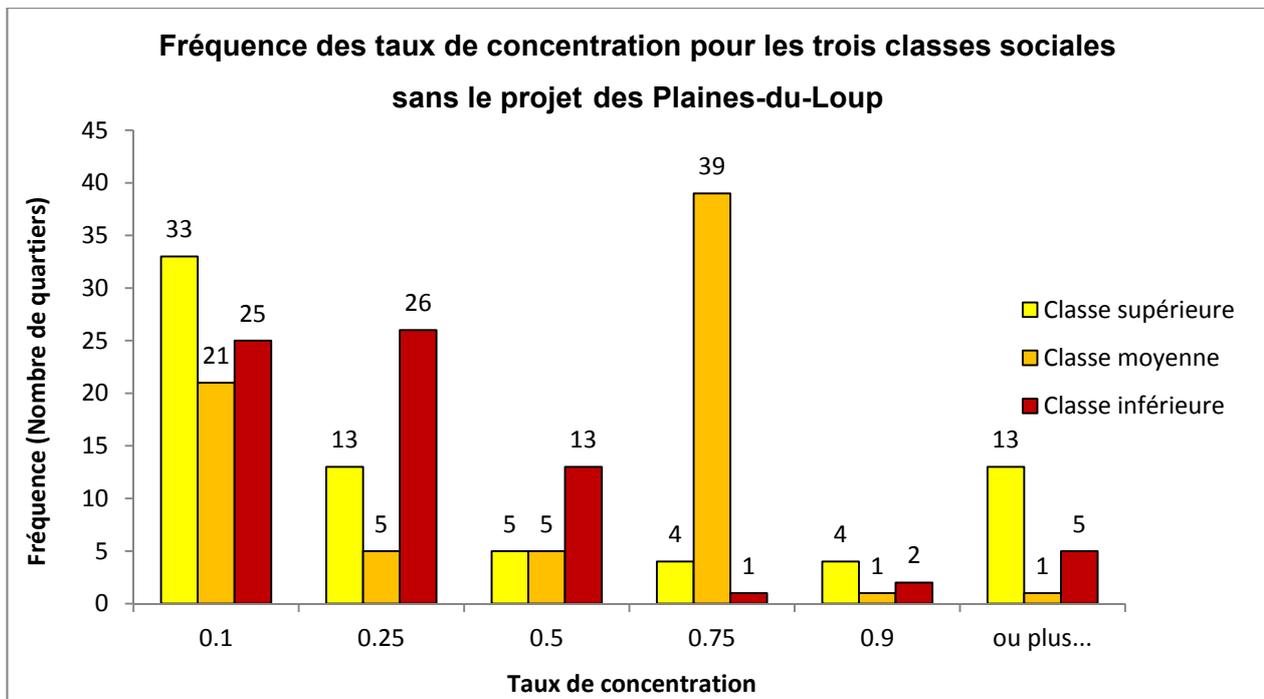
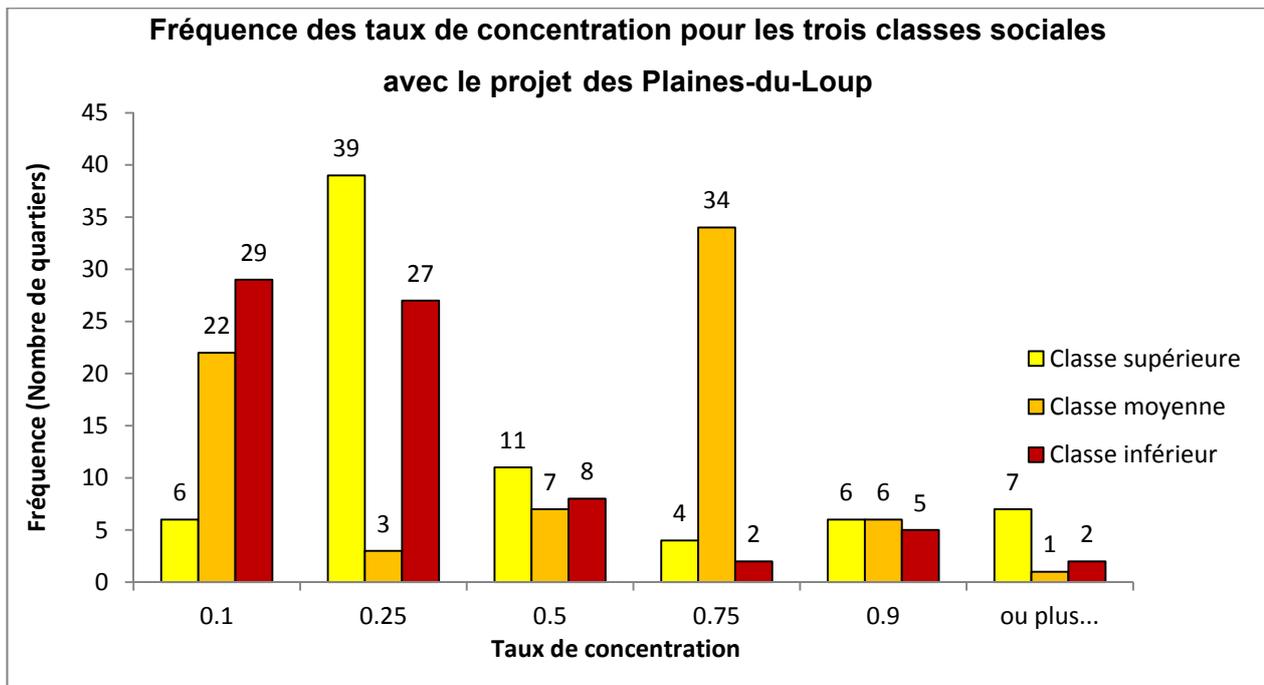


Figure 6.11 Fréquence des taux de concentration (scénario B)

Nous constatons (Fig. 6.11) la fréquence élevée des taux de concentration supérieurs à 90 % pour la classe supérieure, cumulée d'un nombre encore plus important de quartiers dans lesquels on n'observe peu, voire aucun ménage de cette même classe. Les fréquences maximales pour la classe moyenne s'observent pour les taux élevés (41 quartiers avec des taux supérieurs à 50 %) ou très bas (21 et 22 quartiers avec des taux inférieurs à 10 %) : on peut parler de distribution bimodale : soit la classe moyenne est absente, soit elle est (très) concentrée.

La principale différence entre les distributions des taux avec ou sans le projet des Plaines-du-Loup est assez subtile et s'observe principalement sur les extrêmes: on constate ainsi que les taux extrêmes sont plus fréquents lorsque le projet n'est pas intégré, particulièrement pour la classe supérieure.

L'analyse du coefficient d'asymétrie (Tab. 6.7) confirme que la classe inférieure et la classe supérieure se distinguent par une très forte fréquence des taux faibles avec un coefficient supérieur à 0. À l'inverse, la classe moyenne présente un coefficient inférieur à 0 indiquant que les taux supérieurs sont plus nombreux (distribution étalée à droite). La différence de coefficient indique une variation (faible) de la modalité de la distribution, mais sans changement drastique.

Tableau 6.7 Coefficient d'asymétrie (scénario B)

Coefficient d'asymétrie	Classe supérieure	Classe moyenne	Classe inférieure
Avec le projet des Plaines-du-Loup	1.22	-0.42	1.87
Sans le projet des Plaines-du-Loup	0.94	-0.38	1.94

Si l'on mesure l'indice d'autocorrélation spatiale globale (Tab. 6.8), on constate que les gradients sont relativement corrélés car l'indice est supérieur ou égal à 0.6 dans 5 cas sur 6, ce qui démontre que plus les quartiers sont proches, plus ils sont similaires ce qui confirme la présence de structures socio-spatiales relativement rigoureuses. De manière générale, l'indice d'autocorrélation est équivalent ou inférieur lorsque le projet des Plaines-du-Loup est intégré, ce qui peut s'interpréter comme un degré d'organisation moindre et donc une ségrégation moins étendue (mais pas forcément moins concentrée).

Tableau 6.8 Autocorrélation spatiale globale (I de Moran) (scénario B)

I de Moran	Classe supérieure	Classe moyenne	Classe inférieure
Avec le projet des Plaines-du-Loup	0.48	0.61	0.64
Sans le projet des Plaines-du-Loup	0.67	0.61	0.72

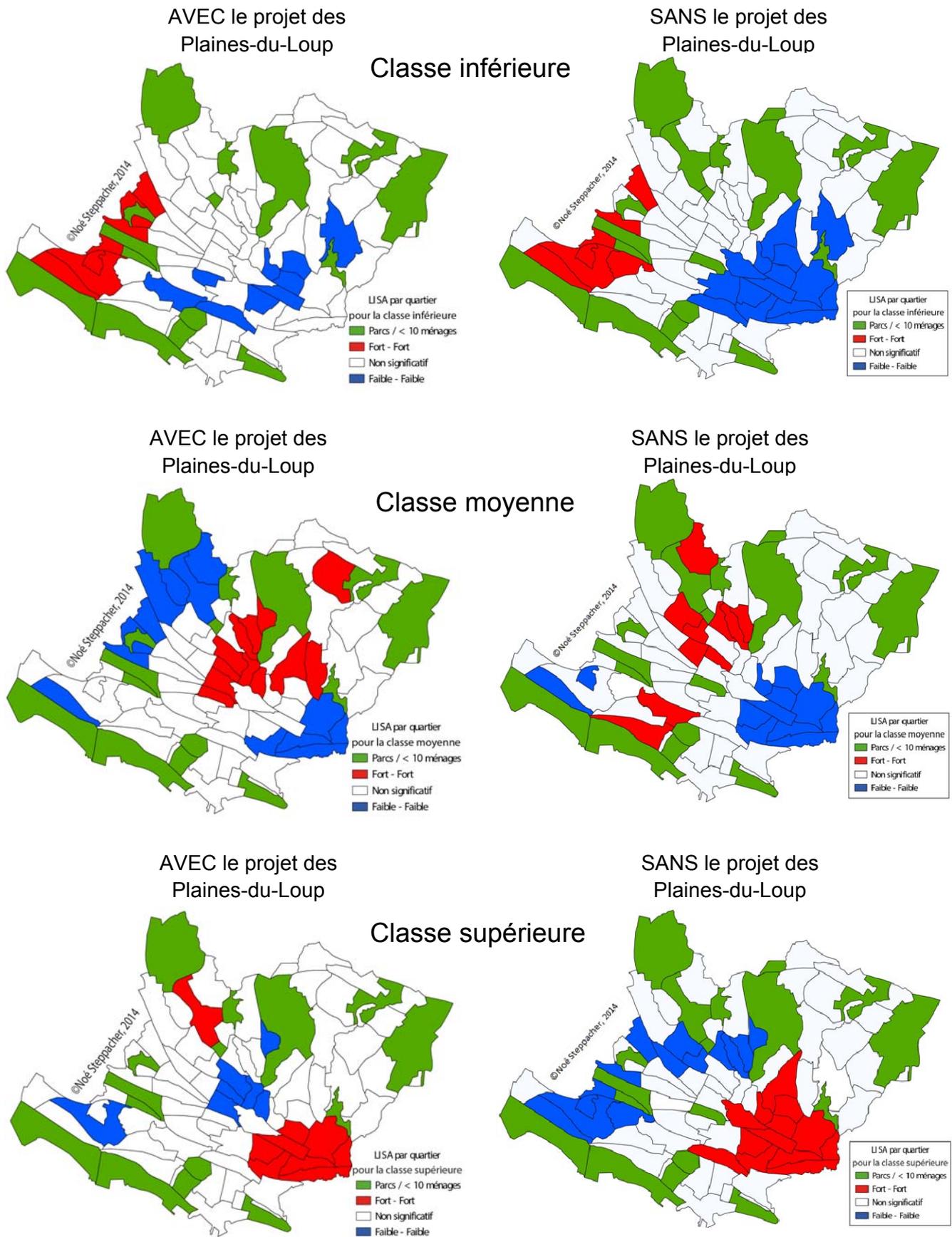


Figure 6.12 LISA par quartier (scénario B)

L'autocorrélation à l'échelle locale (LISA) (Fig. 6.12) permet d'observer si la ségrégation est étendue. On constate des différences assez importantes suivant que le projet du quartier des Plaines-du-Loup est intégré ou non, et corrobore les observations précédentes, à savoir une ségrégation moins forte et moins étendue grâce à ce quartier. En effet, lorsque le quartier n'est pas habité, on observe des concentrations similaires sur plusieurs quartiers attenants, ce qui peut se traduire par des regroupements très homogènes et dont l'influence s'étend sur une grande distance. Cet état de fait s'explique par la particularité du paramètre «distance de tolérance» qui est maximal dans ces scénarios et qui implique que les agents sont sensibles à leur voisinage sur de grandes distances. Systématiquement, les structures sont moins grandes lorsque le projet des Plaines-du-Loup est intégré.

L'analyse des quotients de localisation (Fig. 6.13) confirme définitivement les précédentes observations à savoir:

- la présence très importante de la classe supérieure à l'est, de la classe inférieure à l'ouest et de la classe moyenne sur l'axe central. À cet égard, la classe moyenne joue un rôle tampon et démontre que ce scénario oppose les classes sociales antagonistes.
- le rôle d'atténuation des dynamiques de ségrégation que semble jouer le quartier des Plaines-du-Loup: particulièrement pour la classe moyenne et la classe supérieure, les quotients de localisation sont moins extrêmes lorsque le projet des Plaines-du-Loup est intégré. L'effet est moins perceptible pour les quotients de la classe inférieure.

Finalement, l'analyse des valeurs foncières (Fig. 6.14) indique la corrélation déjà souvent observée entre la localisation de la classe supérieure et celle des valeurs les plus élevées. L'étendue des loyers dans ce scénario est de 302.- à 2761.- et l'autocorrélation (Tab.6.9) significative illustre ce degré d'organisation importante de l'espace selon la valeur des loyers. À cet effet, le scénario sans le projet des Plaines-du-Loup a généré une organisation des prix légèrement moins rigoureuse. À l'instar des premiers scénarios, on observe, dans ce quartier, des loyers appartenant au quintile le plus élevé.

Tableau 6.9 Autocorrélation globale des loyers moyens par quartier (scénario B)

Loyers moyens par quartier	I de Moran
Avec le projet des Plaines-du-Loup	0.48
Sans le projet des Plaines-du-Loup	0.52

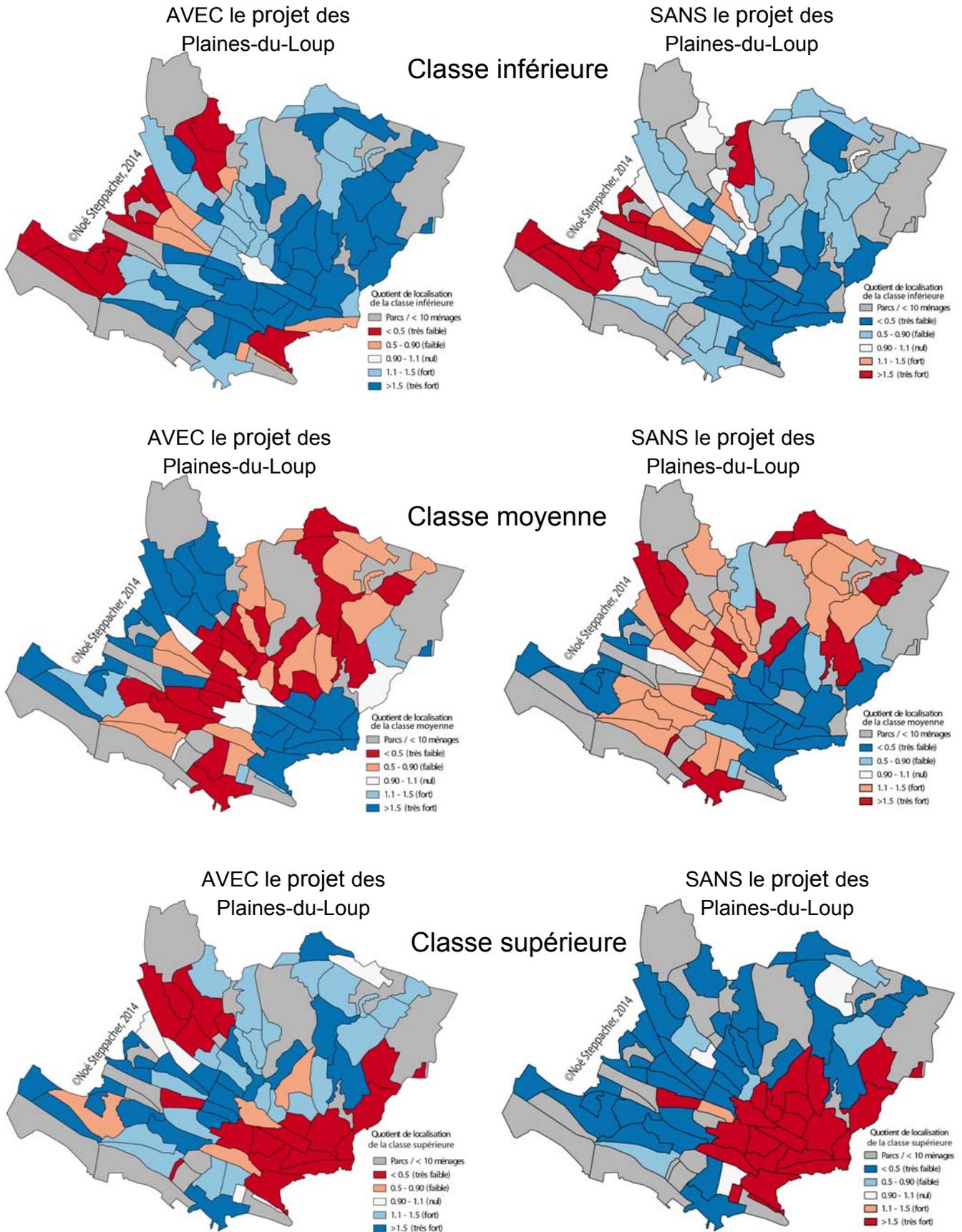


Figure 6.13 Quotients de localisation des classes sociales (scénario B)

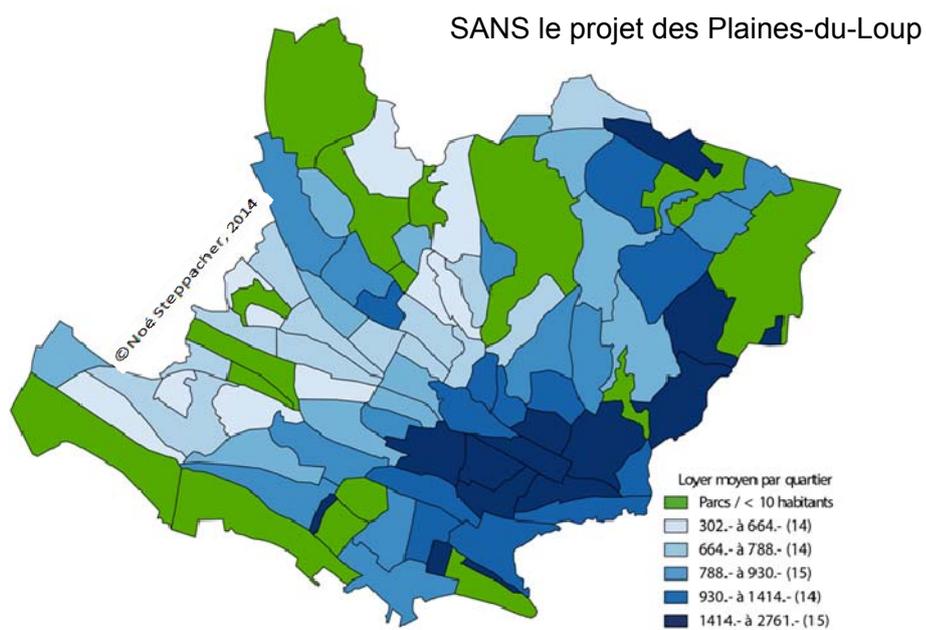
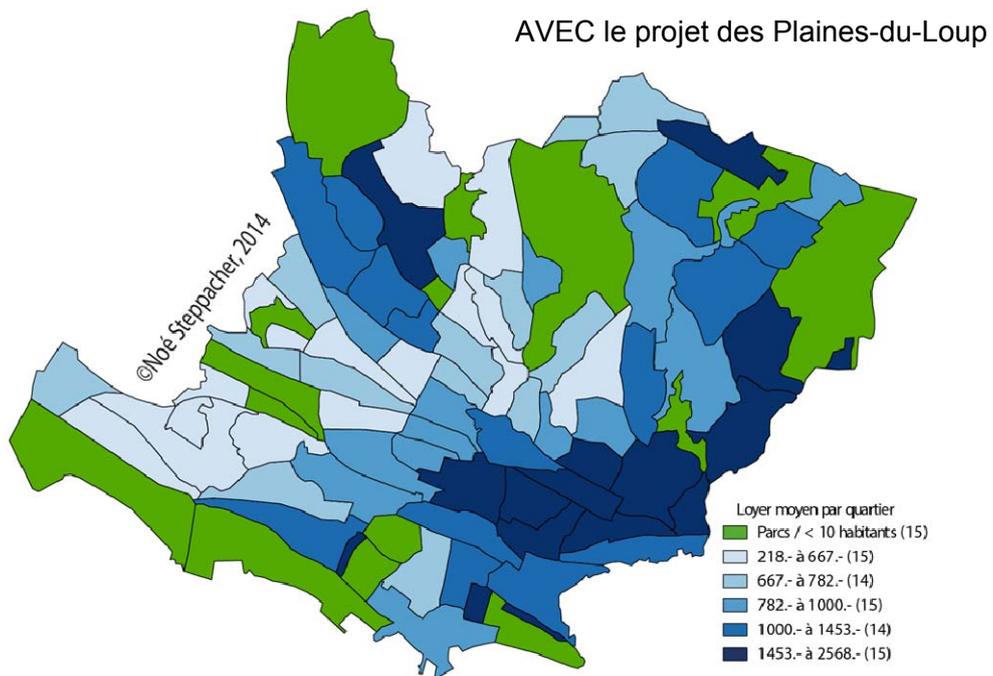


Figure 6.14 Loyer moyen par quartier (scénario B)

Au niveau des valeurs foncières, la limitation des hausses et des baisses à 10 % (paramètre dynamique foncière fixée à «contrôle») joue parfaitement le rôle de régulateur et limite drastiquement la hausse, voire favorise la baisse des loyers. En effet, le loyer moyen initial est d'environ 1020.- et d'environ 920.- à la fin de la simulation dans laquelle le projet des Plaines-du-Loup n'est pas intégré, et 974.- dans le cas contraire (Tab. 6.10).

Tableau 6.10: Loyer moyen avant et après simulation (scénario B)

Loyer moyen lors de l'état initial	1024
Loyer moyen avec le projet des Plaines-du-Loup	974
Loyer moyen sans le projet des Plaines-du-Loup	920

En conclusion pour ces scénarios, on constate que lorsque les restrictions sur le plan financier sont très faibles (loyer moyen très bas) les paramètres qui influencent la ségrégation ont un impact important sur l'organisation socio-spatiale: les ménages n'ayant que peu à se préoccuper des contingences matérielles cherchent à «optimiser» leur environnement social.

Tous les indicateurs démontrent que cette dynamique socio-spatiale tendant à la ségrégation est atténuée lorsque le projet des Plaines-du-Loup est intégré dans le modèle. Cependant, dans ce cas, la baisse des loyers est moins importante et le taux de satisfaction est moins élevé (Fig.6.9: taux de satisfaction de 75.8 % avec le projet, 79.9 sans le projet).

6.3. Scénario C

Ces scénarios permettent de s'interroger sur les liens entre satisfaction résidentielle et valeur foncière. Nous avons observé que, dans le cas où le loyer moyen était très bas, la ségrégation pouvait s'avérer finalement assez importante et générer un taux de satisfaction moyen. Quelles sont alors les caractéristiques d'un système dans lequel les valeurs foncières sont les plus fortes mais qui, pourtant, permet à une grande majorité de ménages d'obtenir un environnement satisfaisant? De pair, nous avons observé que le projet des Plaines-du-Loup peut atténuer les dynamiques de ségrégation dans les scénarios précédents, mais il s'agit maintenant de déterminer également les effets qu'il peut générer sur la dynamique foncière.

La combinaison de paramètres dans ces scénarios est la suivante (Fig.6.15):

- le degré de tolérance est fixé à «taux du quartier», ce qui signifie que les agents sont satisfaits si la composition de leur voisinage est équivalente à ce que l'on observe à l'échelle du quartier (par exemple, si la classe moyenne représente 25 % de la population d'un quartier, tous les ménages appartenant à cette classe exigeront d'atteindre au moins ce taux dans leur voisinage). Cette valeur particulière permet une plus grande flexibilité des agents qui s'adaptent plus facilement aux conditions propres à chaque quartier.
- la distance de tolérance est fixée à 5 (les agents observent leur voisinage dans un rayon d'environ 150 m).
- la limite des loyers «médiane et 3^e quartile» implique:
 - o que le loyer pour la classe inférieure est le loyer médian lors de l'initialisation
 - et
 - o que le loyer pour la classe moyenne est le loyer du 3^e quartile lors de l'initialisation.
- la dynamique foncière est «à la hausse» ce qui signifie que les variations des loyers peuvent atteindre jusqu'à 30 % lorsqu'un ménage quitte son appartement. De plus, aucune baisse ne peut survenir.
- la distance d'influence est fixée à 1, soit la valeur la plus faible pour ce paramètre.

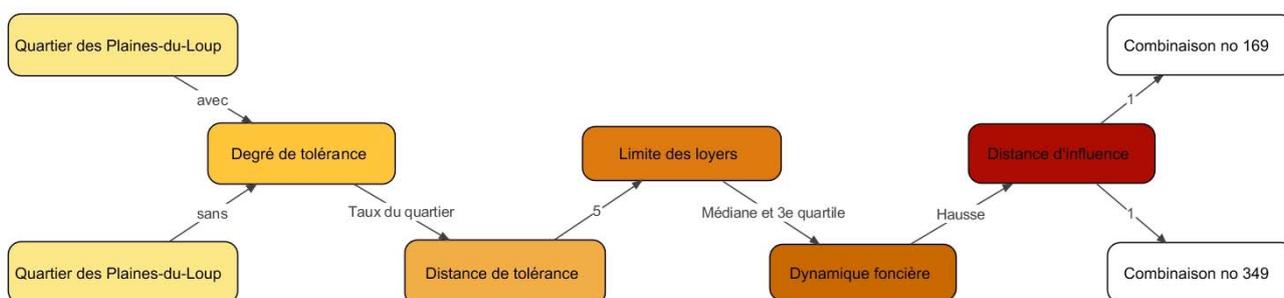


Figure 6.15 Combinaison de paramètres (scénario C)

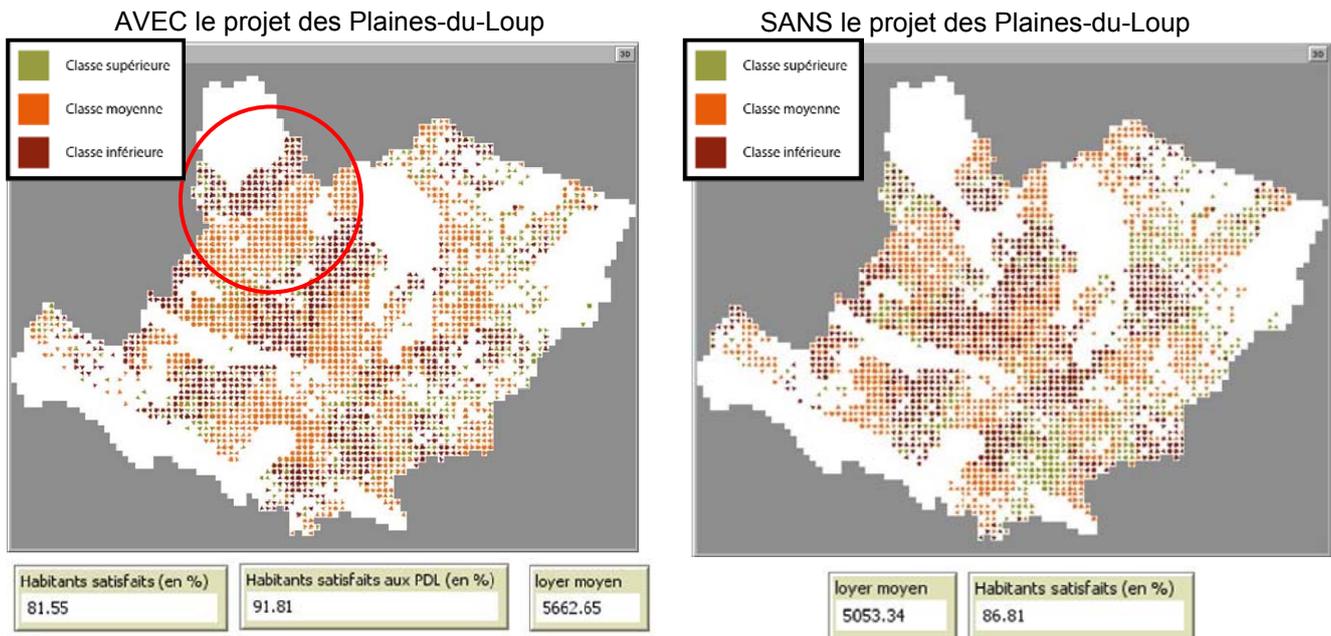


Figure 6.16 Résultat des simulations (scénario C)

Selon les premières constatations (Fig. 6.16), les regroupements sont de taille moyenne et la répartition des groupes à travers la ville est relativement hétérogène. À l'inverse des scénarios précédents, la classe supérieure n'est pas omniprésente à l'est et la classe inférieure ne s'est pas concentrée à l'ouest. On observe de légères variations de localisation entre les deux cas de figure (avec ou sans le projet des Plaines-du-Loup). Il est intéressant d'observer comment s'adapte la structure socio-spatiale au niveau local lorsque le projet est intégré.

Dans ce scénario, les taux de concentrations présentent des structures particulières (Fig. 6.17):

- la classe inférieure n'est jamais représentée à plus de 45 % dans un quartier, phénomène qui ne s'observe pas dans les autres scénarios. Elle est néanmoins présente dans plus de 90 % des quartiers; seulement 5 (avec le projet) ou 6 quartiers (sans le projet) ont un taux nul. On peut donc parler d'omniprésence de la classe inférieure. Les taux de concentrations les plus élevés (> 25 %) s'observent de manière aléatoire bien que l'on retrouve les quartiers «classiques» de la classe inférieure, notamment à l'ouest. Les quartiers au centre et particulièrement à l'est de la ville ont des taux de concentration moins importants.
- La répartition de la classe moyenne ne semble pas obéir à une structure très claire et diffère selon que le projet des Plaines-du-Loup est intégré ou non: on constate un effet radioconcentrique dans le premier cas (plus on est proche du centre, plus la concentration est importante), et des concentrations plus fortes en périphérie dans le second. Dans les deux cas, on peut observer les taux les plus faibles à l'est. Seuls 2 (avec le projet) ou 3 quartiers (sans le projet) sont totalement exempts de ménages de la classe moyenne. Autre caractéristique identique, plus de 85 % des quartiers ont un taux de concentration de la classe moyenne compris entre 25 % et 75 %.

- La classe supérieure semble présenter la structure spatiale la plus marquée: dans les deux cas, tous les quartiers avec un taux de concentration supérieure à 50 % se situent dans l'est de la ville. Avec ou sans le projet des Plaines-du-Loup, sur les 4 quartiers ayant un taux supérieur à 75 %, 2 ont une concentration de 100 %.

Les différences de structure socio-spatiale sont infimes lorsque le système inclut le projet des Plaines-du-Loup ce qui s'observe, entre autres, par un taux médian qui diffère de quelques centièmes seulement (Tab.6.11).

Tableau 6.11 Taux de concentration médian (scénario C)

Taux médian	Classe supérieure	Classe moyenne	Classe inférieure
Avec le projet des Plaines-du-Loup	0.30	0.44	0.2
Sans le projet des Plaines-du-Loup	0.28	0.45	0.23

Ainsi, que le projet soit pris en compte ou non, ces scénarios génèrent un système dans lequel on observe une mixité sociale dans les différents quartiers. Cette organisation, ainsi que le taux de satisfaction élevé, s'explique par la particularité du degré de tolérance qui est celui dit «du quartier»: les agents sont satisfaits tant que les conditions ne changent pas drastiquement et sur une grande échelle (distance de tolérance de 5).

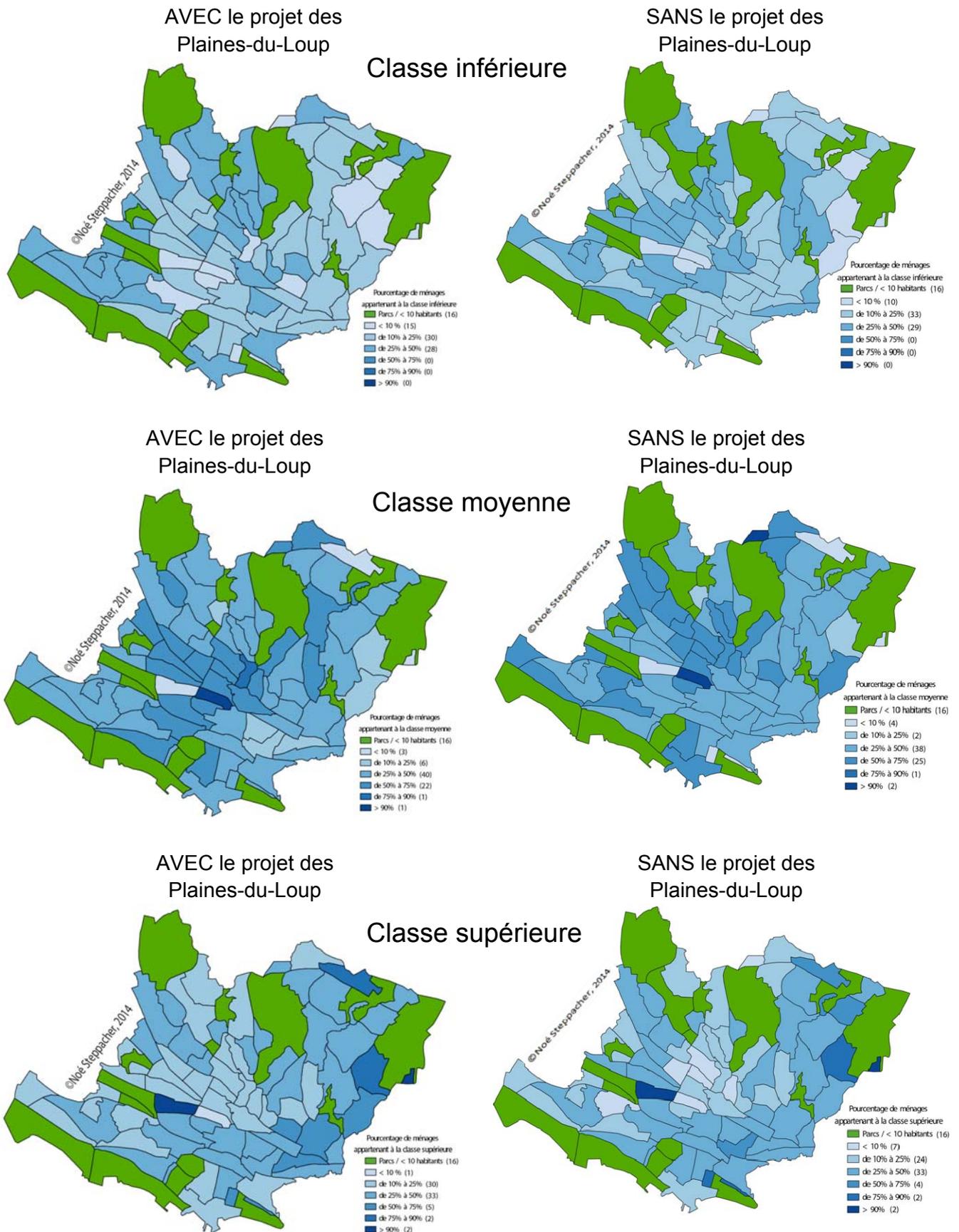


Figure 6.17 Pourcentage de chaque classe sociale par quartier (scénario C)

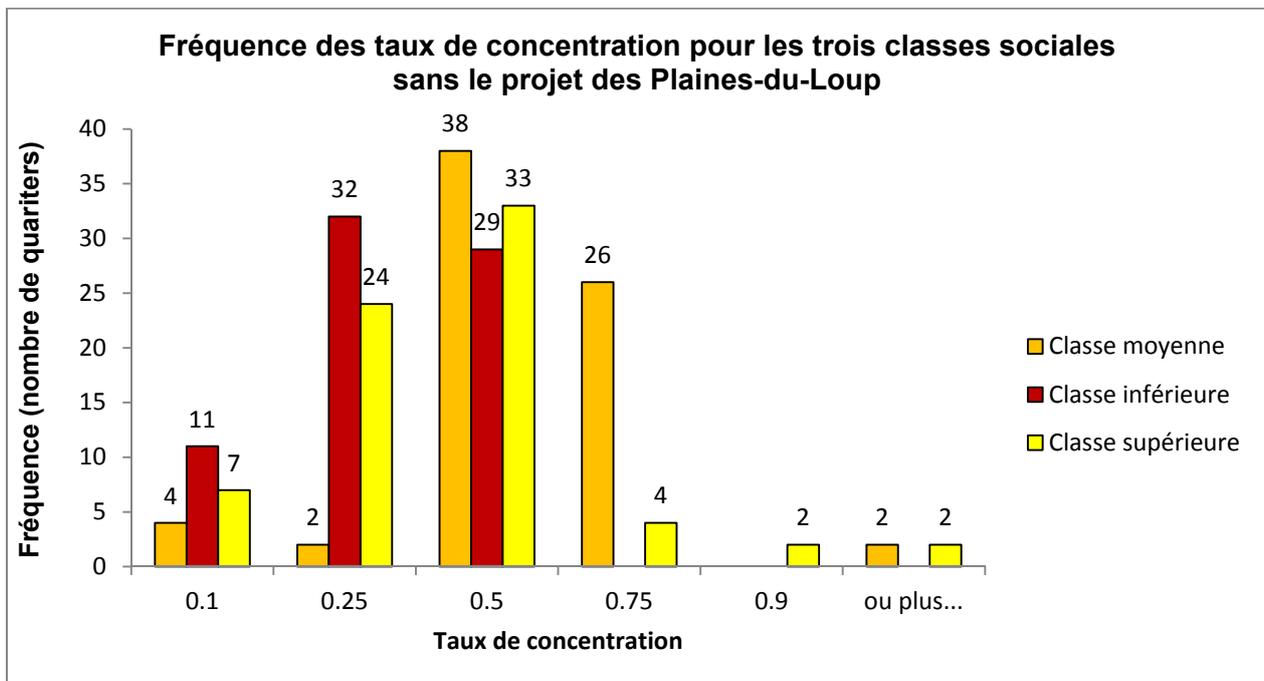
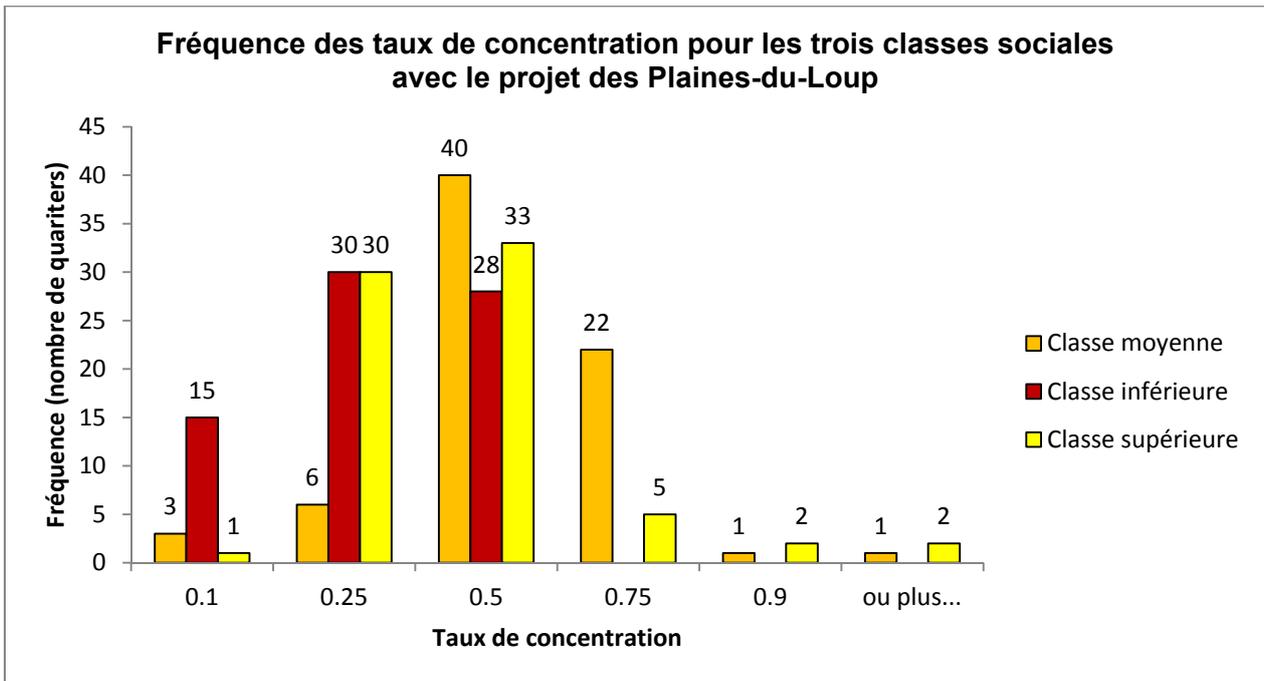


Figure 6.18 Fréquence des taux de concentration (scénario C)

Les particularités de ces scénarios s'illustrent dans le tableau des fréquences des taux de concentration (Fig. 6.18): la majorité des taux de concentrations sont compris entre 25 % et 75 %, ce qui confère à ce système une très forte tendance à la mixité sociale.

Pour ces scénarios, l'analyse des coefficients d'asymétrie ne permet pas de clarifier les particularismes de cette distribution et nous laissons donc cette analyse de côté bien que nous soumettions les résultats dudit coefficient (Tab.6.12)

Tableau 6.12 Coefficient d'asymétrie (scénario C)

Coefficient d'asymétrie	Classe supérieure	Classe moyenne	Classe inférieure
Avec le projet des Plaines-du-Loup	1.67	-0.08	0.23
Sans le projet des Plaines-du-Loup	1.29	-0.14	-0.30

Si l'on considère l'autocorrélation globale (Tab.6.13), le projet des Plaines-du-Loup a tendance à diminuer le degré d'organisation des structures socio-spatiales pour la classe moyenne et supérieure mais augmente celui de la classe inférieure. Cependant, rappelons que cette mesure est à l'échelle globale et qu'elle se révèle insensible aux particularismes locaux.

Tableau 6.13 Autocorrélation spatiale globale des taux de concentrations (I de Moran) (scénario C)

I de Moran	Classe supérieure	Classe moyenne	Classe inférieure
Avec le projet des Plaines-du-Loup	0.3	0.25	0.44
Sans le projet des Plaines-du-Loup	0.44	0.32	0.17

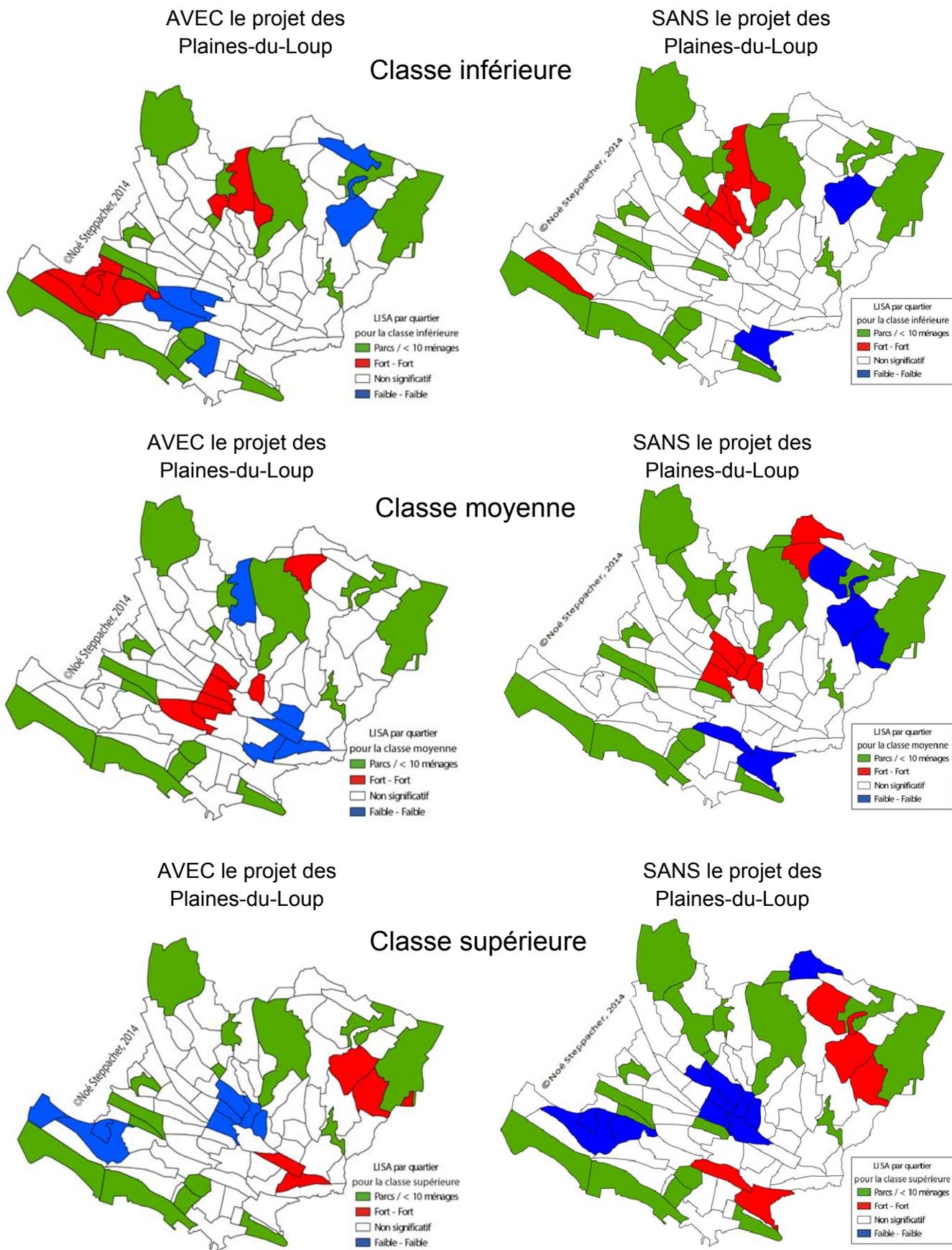


Figure 6.19 LISA par quartier (scénario C)

Alors que l'on observait des structures très compactes avec l'analyse des indices d'autocorrélation locale des scénarios précédents, on constate un caractère nettement moins étendu des structures dans ces scénarios (Fig. 6.19). L'intégration du projet des Plaines-du-Loup semble diminuer encore les autocorrélations locales.

Avec ou sans le projet, les structures révélées par les LISA par quartier (Fig. 6.19) sont néanmoins d'amplitude moyenne ou faible: un taux fort (ou faible) s'étend sur un nombre limité de quartiers. De plus, on observe systématiquement deux ou trois regroupements de taux de LISA (fort ou faible), ce qui démontre une multiplicité des points de concentration; cette structure socio-spatiale est comparable à un polycentrisme urbain, situation dans laquelle on observe de nombreux centres secondaires avec de fortes densités. Dans notre cas, ces structures s'observent sur la commune de Lausanne et pour des concentrations de groupes sociaux.

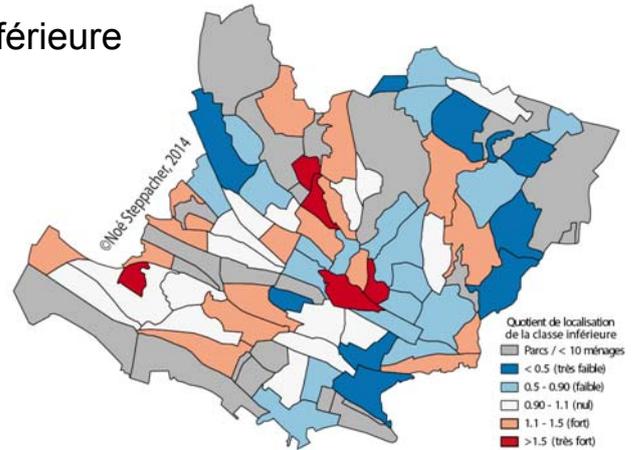
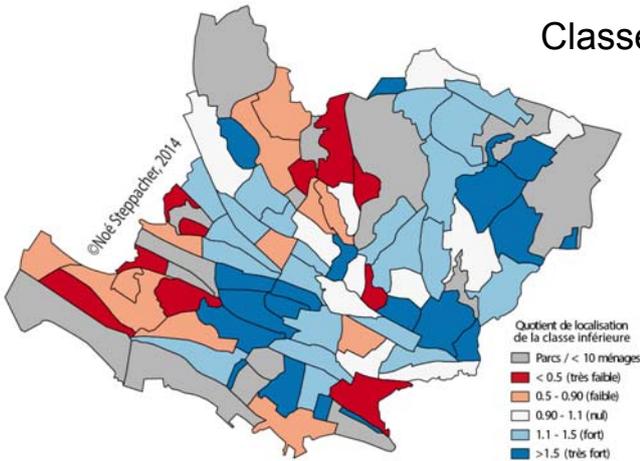
Les quotients de localisation (Fig. 6.20) générés par la structure socio-spatiale de ces scénarios sont relativement atypiques: on observe un nombre important de quartiers pour lesquels le taux de concentration est similaire à la moyenne (quotient nul). Le petit nombre de quartiers dans lesquels on constate une sur — ou une sous-représentation nous indique que le système est faiblement ségrégué. Concernant les particularités de chaque classe:

- Les quotients de localisation forts et très forts pour la classe inférieure sont principalement situés à l'ouest mais les surreprésentations les plus marquées se situent dans deux quartiers de l'hyper centre, espace réservé aux autres classes sociales dans les autres scénarios. Cas particulier pour ces scénarios, les quotients extrêmes (très fort ou très faible) sont plus nombreux lorsque le projet des Plaines-du-Loup est intégré.
- La classe moyenne est légèrement surreprésentée dans les quartiers ouest et légèrement sous-représentée dans les quartiers situés sur l'axe est-ouest ainsi qu'au nord, ce qui s'explique par le fait que ces quartiers sont principalement occupés par la classe supérieure.
- Les quotients de localisation de la classe supérieure indiquent la dynamique déjà observée lors des analyses précédentes, à savoir une concentration plus forte que la moyenne dans les quartiers à l'est de la ville. Leur sous-représentation est au contraire marquée, voire très marquée, dans les quartiers centraux et ouest. À l'inverse de la classe inférieure, les quotients extrêmes sont moins nombreux lorsque le projet des Plaines-du-Loup est pris en compte dans le modèle.

AVEC le projet des
Plaines-du-Loup

SANS le projet des
Plaines-du-Loup

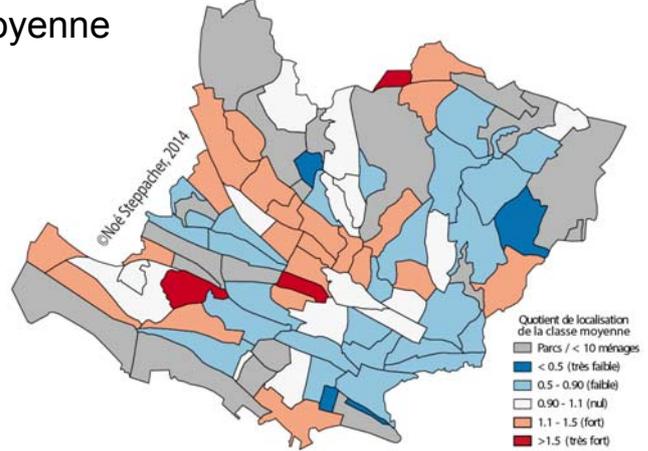
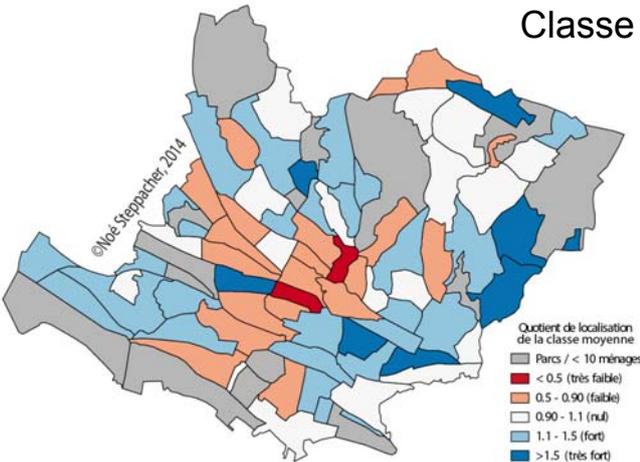
Classe inférieure



AVEC le projet des
Plaines-du-Loup

SANS le projet des
Plaines-du-Loup

Classe moyenne



AVEC le projet des
Plaines-du-Loup

SANS le projet des
Plaines-du-Loup

Classe supérieure

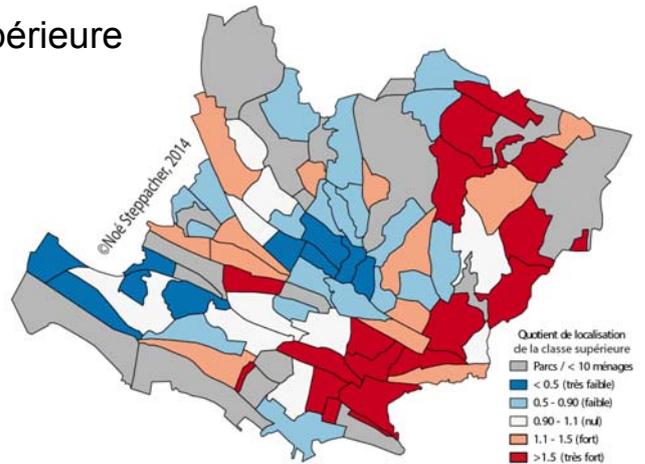
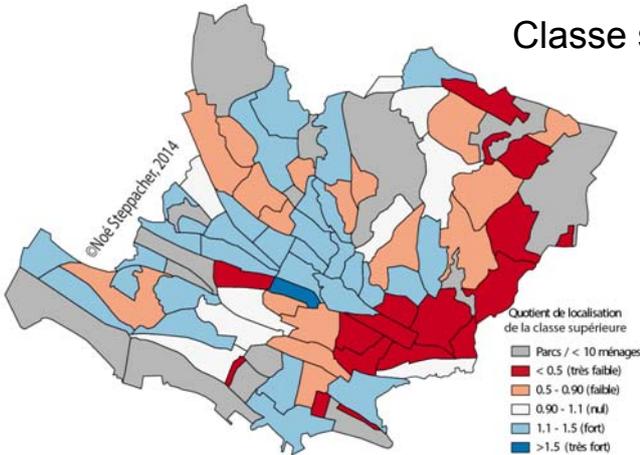


Figure 6.20 Quotients de localisation des classes sociales (scénario C)

Concernant la dynamique foncière (Fig. 6.21) de ces scénarios, nous constatons que le loyer médian est très différent du loyer moyen (Tab.6.14). Le modèle a généré de valeurs très importantes en raison d'un nombre restreint de logements qui ont acquis des valeurs extrêmes: les loyers maximums atteints dans ces scénarios sont totalement démesurés et proviennent de «l'emballement» du système. En effet, quelques ménages de la classe supérieure semblent avoir systématiquement changé d'appartement et leur loyer a donc été adapté à chaque fois. Cependant, les contextes sociaux et fonciers de ces appartements n'ont pas drastiquement changé et sont favorables à la hausse des prix: la spéculation sur ces loyers a continué et provoqué des augmentations très importantes à chaque changement de locataire.

En revanche, pour la majorité des agents, la satisfaction résidentielle est très bonne lors de l'initialisation, en raison du paramètre «degré de tolérance» fixé à «taux du quartier». Ainsi, le système n'engendre qu'une faible mobilité résidentielle dans le reste du modèle et donc de rares modifications de loyers pour la plupart de ménages. Il est cependant très probable que si la mobilité résidentielle devait augmenter, même dans des proportions peu importantes, les valeurs foncières s'élèveraient très rapidement car la mixité sociale générée par un tel modèle limite fortement la dévalorisation (pas de ghetto pauvre) et favorise la valorisation (attractivité de tous les espaces de la ville).

Tableau 6.14 Loyer moyen et médian avant et après les simulations (scénario C)

	Avec le projet des Plaines-du-Loup	Sans le projet des Plaines-du-Loup
Loyer moyen lors de l'état initial	1024	1024
Loyer moyen	5662	5053
Loyer médian	1318	1270

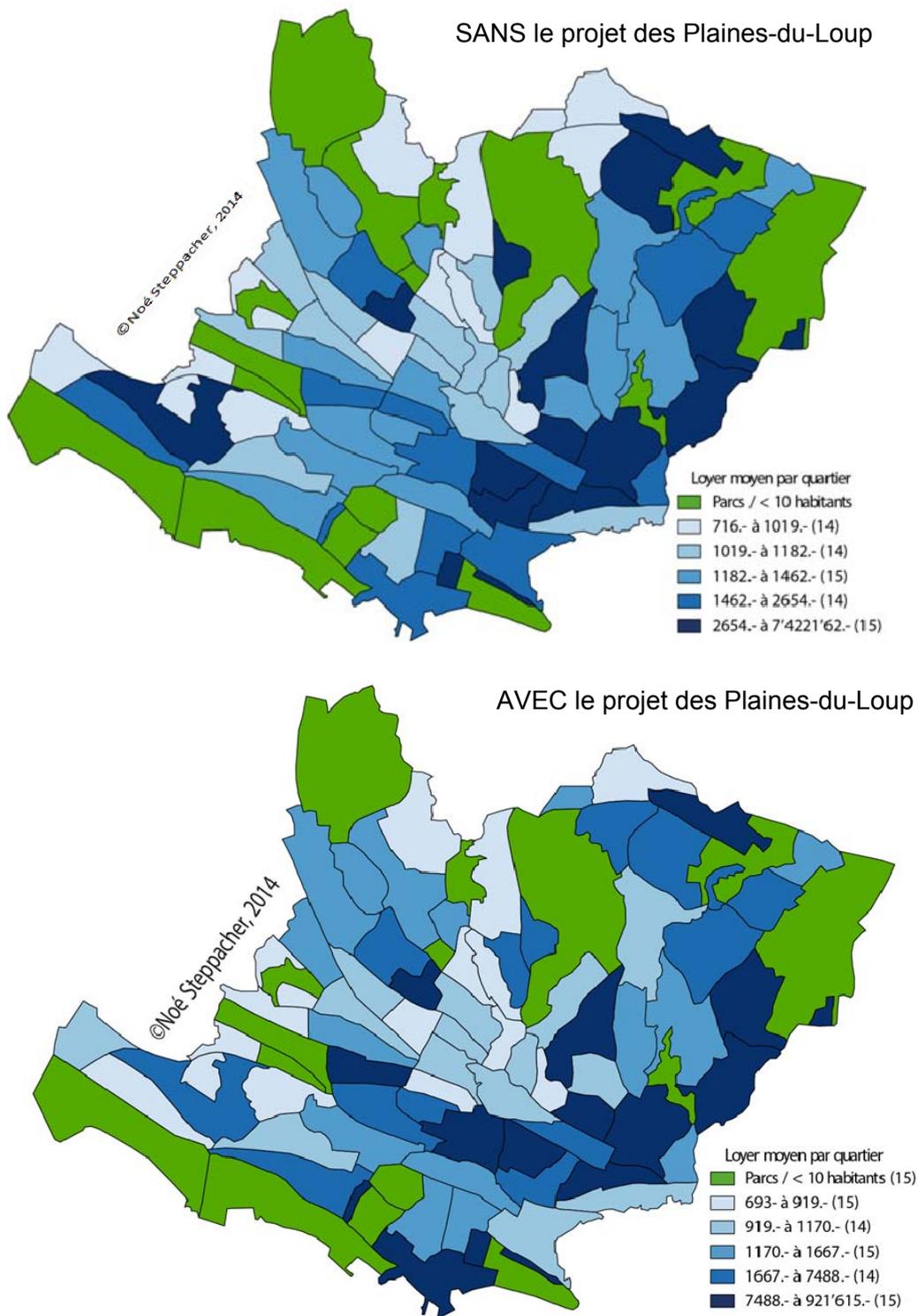


Figure 6.21 Loyer moyen par quartier (scénario C)

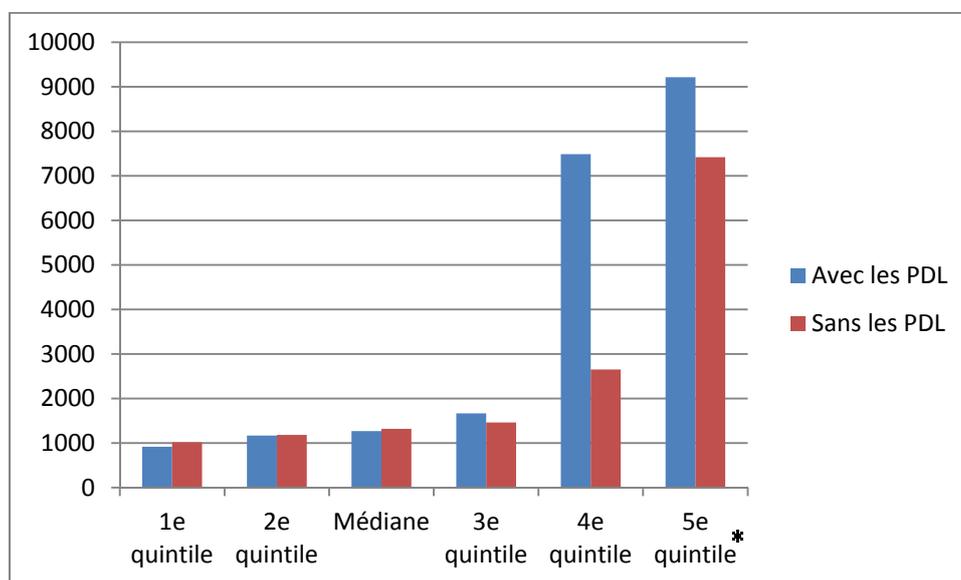
On constate ainsi que l'indice d'autocorrélation est supérieur lorsque le projet de quartier des Plaines-du-Loup est intégré (Tab.6.15) ce qui peut s'interpréter comme une influence plus forte des valeurs hautes sur les quartiers attenants.

Tableau 6.15 Autocorrélation globale des loyers moyens par quartier (scénario C)

Loyers moyens par quartier	I de Moran
Avec le projet des Plaines-du-Loup	0.34
Sans le projet des Plaines-du-Loup	0.26

Nous avons choisi de présenter deux tableaux statistiques supplémentaires qui permettent d'apprécier l'effet du projet des Plaines-du-Loup sur les valeurs foncières. Ainsi, l'observation de la distribution des loyers (Fig.6.22) permet de constater que les loyers les plus élevés (quatrième et cinquième quintile) sont bien plus importants lorsque les Plaines-du-Loup influencent la dynamique foncière, notamment dans le 4^e quintile.

Cette tendance est également perceptible lorsque l'on observe les loyers (en LOG) classés dans l'ordre croissant (Fig.6.23): à partir du dernier quintile, l'augmentation est bien plus forte avec le projet des Plaines-du-Loup et ne s'atténue que sur les tout derniers loyers.



* les valeurs du cinquième quintile ont été divisées par 100 afin de pouvoir être comparées aux autres quintiles.

Figure 6.22 Quintiles des loyers moyens par quartier (scénario C)

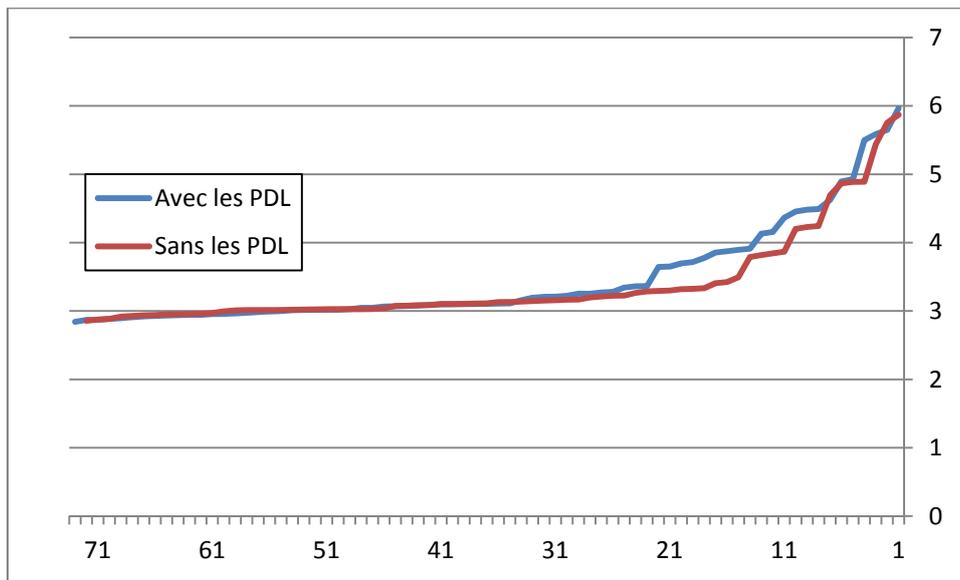


Figure 6.23 Loyers moyens (en LOG*) classés dans l'ordre croissant (scénario C)

*la transformation des valeurs en logarithme permet une meilleure comparaison lorsque les valeurs extrêmes sont très élevées.

Ces scénarios sont particuliers à plusieurs égards car ils permettent non seulement d'observer des loyers extrêmes tout en permettant à la majorité de la population d'être dans un loyer adapté et avec un environnement social satisfaisant, mais également de générer des structures socio-spatiales particulièrement peu ségréguées.

Il s'agit en quelque sorte de l'idéal sur le plan économique et social: la gamme des prix est très étendue et les conditions sociales sont satisfaisantes pour une grande majorité de ménages. Néanmoins, les critères pour obtenir une telle situation sont très particuliers puisqu'il est nécessaire que tous les agents acquièrent une satisfaction relative aux conditions de leur quartier, ce qui implique une adaptation *a priori* des ménages, c'est-à-dire au moment de l'initialisation. Dès le moment où les critères de satisfaction évoluent, la mobilité résidentielle peut augmenter rapidement et entraîner une hausse des prix.

6.4. Scénario D

Ces scénarios permettent d'analyser les effets de l'intégration du projet des Plaines-du-Loup sur la satisfaction, qui rappelons-le, peut être considérée comme un indicateur de la ségrégation.

La combinaison de paramètres dans ces scénarios est la suivante (Fig.6.24):

- le degré de tolérance est fixé à 60 %.
- la distance de tolérance est fixée à 1 (les agents observent leur voisinage dans un rayon d'environ 30 m).
- la limite des loyers «réaliste» implique que le loyer maximal est équivalent au tiers du revenu mensuel (différent selon la classe inférieure ou moyenne, ainsi que la composition du ménage).
- la dynamique foncière est «à la hausse» ce qui signifie que les variations des loyers peuvent atteindre jusqu'à 30 % lorsqu'un ménage quitte son appartement. De plus aucune baisse ne peut survenir.
- la distance d'influence est fixée à 1, soit la valeur la plus faible pour ce paramètre.

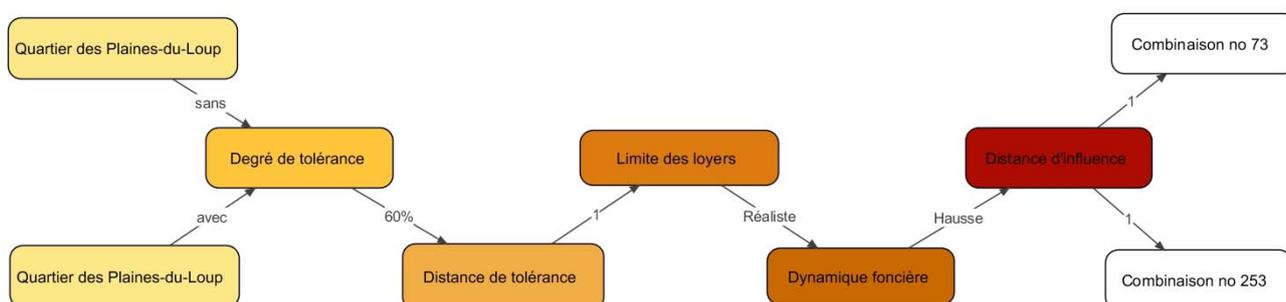


Figure 6.24 Combinaison de paramètres (scénario D)

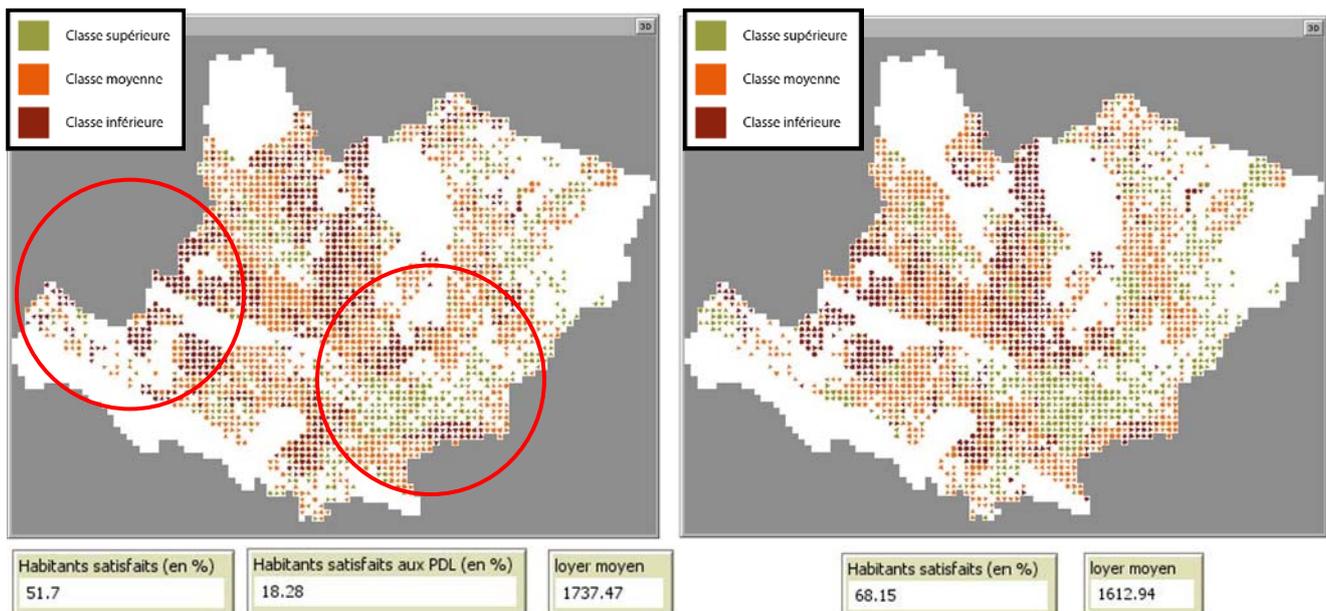


Figure 6.25 Résultat des simulations (scénario D)

Une première observation des deux scénarios (Fig. 6.25) nous permet de constater des structures et des distributions socio-spatiales très similaires. On distingue uniquement une concentration moindre de la classe supérieure dans les quartiers du centre et de l'ouest de la ville lorsque le projet des Plaines-du-Loup est intégré dans le système.

L'analyse plus détaillée des concentrations des différentes classes sociales (Fig. 6.29) ne permet pas non plus d'observer de différences significatives:

- Les taux de concentrations de 25 % à 50 % (Fig. 6.26 à 6.28) sont légèrement plus élevés lorsque le quartier des Plaines-du-Loup est habité, et ce pour les trois classes sociales.
- Lorsque le projet des Plaines-du-Loup est intégré, on n'observe aucun quartier avec des taux de concentration supérieurs à 90 %, ce qui pourrait signifier que ce projet permet d'atténuer les fortes concentrations. L'analyse comparative des taux de concentration confirme que les taux supérieurs à 75 % sont plus fréquents lorsque le projet n'est pas intégré pour la classe inférieure et supérieure. À l'inverse, le taux médian et du premier quartile sont supérieurs lorsque le quartier est simulé, ce qui permettrait d'affirmer que le système avec ce projet peut générer des concentrations moins extrêmes, c'est-à-dire favorisant la mixité.
- Les structures socio-spatiales sont quasiment identiques dans les deux cas (Fig. 6.29):
 - o La classe supérieure se localise principalement à l'est.
 - o La classe moyenne est localisée dans les quartiers axiaux (est-ouest et nord-sud) et de manière légèrement plus prononcée sur l'ensemble des quartiers ouest lorsque le projet des Plaines-du-Loup n'est pas intégré.
- Si l'on observe plus précisément les alentours du quartier des Plaines-du-Loup, on constate uniquement un changement pour la classe moyenne dont les taux sont moins élevés lorsque les logements sur ce dernier sont intégrés.

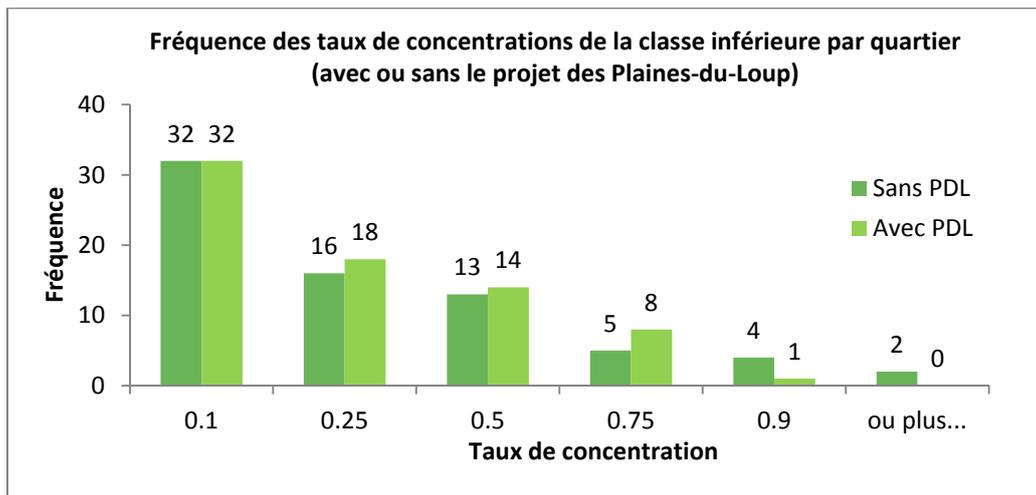


Figure 6.26 Comparaison des fréquences des taux de concentrations de la classe inférieure (scénario D)

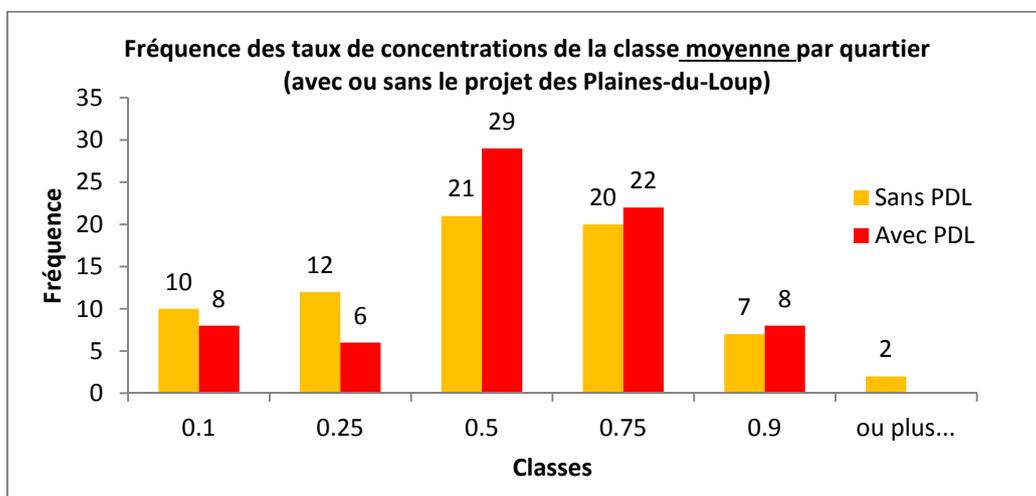


Figure 6.27 Comparaison des fréquences des taux de concentrations de la classe moyenne (scénario D)

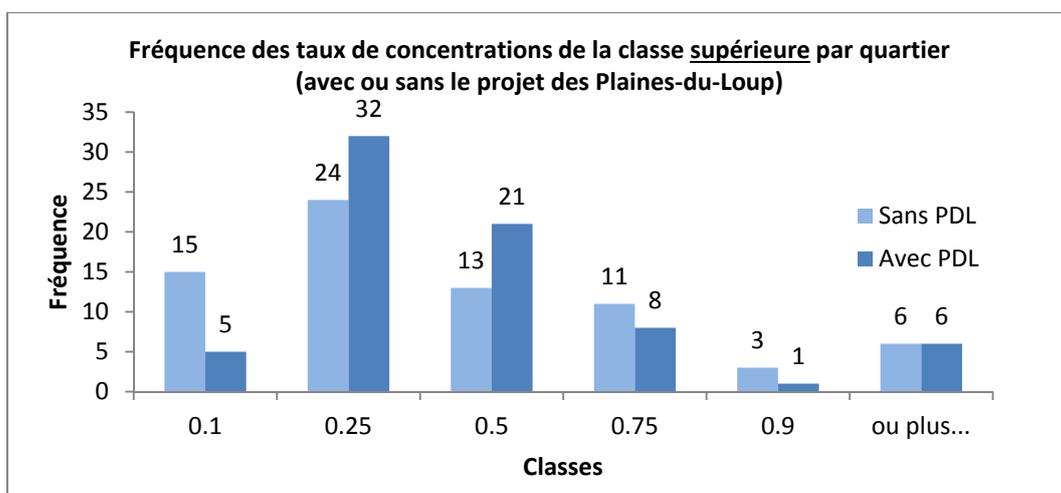


Figure 6.28 Comparaison des fréquences des taux de concentrations de la classe supérieure (scénario D)

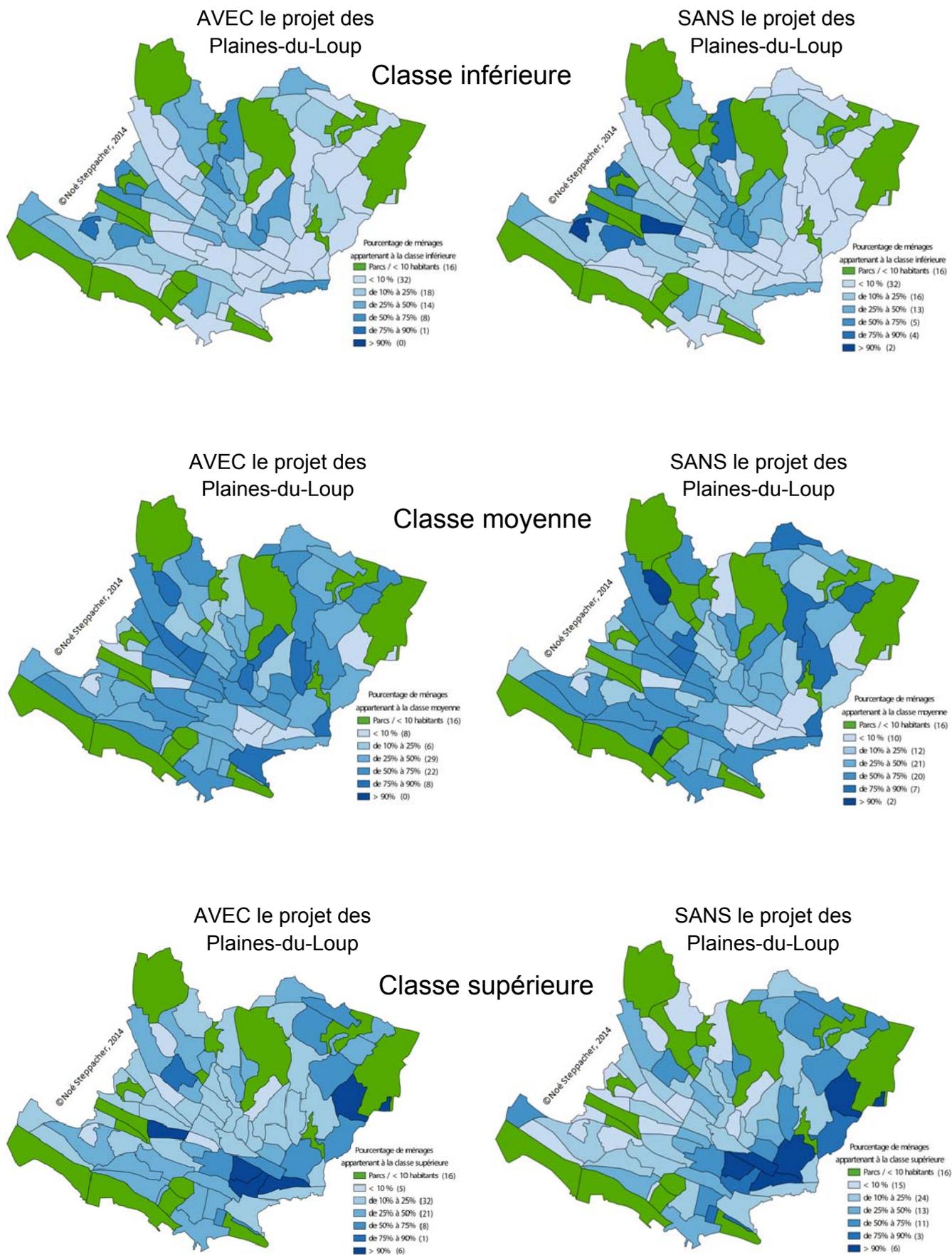


Figure 6.29 Pourcentage de chaque classe sociale par quartier (scénario D)

Dernier aspect témoignant du peu de différence des valeurs médianes des deux distributions, le taux médian est pratiquement similaire dans les deux scénarios (Tab. 6.16).

Tableau 6.16 Taux de concentration médian (scénario D)

Taux médian	Classe supérieure	Classe moyenne	Classe inférieure
Avec le projet des Plaines-du-Loup	0.25	0.43	0.15
Sans le projet des Plaines-du-Loup	0.23	0.42	0.14

Les coefficients d'asymétrie (Tab. 6.17) démontrent des tendances quelque peu différentes:

- L'augmentation du coefficient pour la classe supérieure indique que les taux inférieurs à la moyenne sont plus nombreux sans le projet des Plaines-du-Loup.
- La diminution pour la classe moyenne et inférieure indique que les taux supérieurs sont légèrement plus nombreux sans le projet des Plaines-du-Loup.

Tableau 6.17 Coefficient d'asymétrie (scénario D)

Coefficient d'asymétrie	Classe supérieure	Classe moyenne	Classe inférieure
Avec le projet des Plaines-du-Loup	1.19	-0.018	1.20
Sans le projet des Plaines-du-Loup	0.9	0.11	1.33

L'analyse de l'autocorrélation globale (Tab.6.18) démontre qu'un pattern s'observe pour la classe inférieure et la classe supérieure mais pas (ou très peu) pour la classe moyenne. On peut en déduire que, à l'échelle de la ville, les concentrations pour la classe moyenne sont réparties de manière aléatoire ou, du moins, sans qu'un lien de causalité ne puisse être établi entre les valeurs de deux quartiers voisins.

Tableau 6.18 Autocorrélation spatiale globale des taux de concentrations (I de Moran) (scénario D)

Autocorrélation	Classe supérieure	Classe moyenne	Classe inférieure
Avec le projet des Plaines-du-Loup	0.23	0.08	0.29
Sans le projet des Plaines-du-Loup	0.28	-0.01	0.31

Les LISA par quartier et par classe (Fig. 6.30) démontrent qu'il s'agit de l'analyse la plus sensible aux variations entre les deux scénarios. En effet, pour la classe inférieure, on observe un changement complet des quartiers «Faible-Faible». Pour la classe moyenne, on observe également cette modification, de même qu'une diminution du nombre de quartiers présentant une autocorrélation significative. Pour la classe supérieure, on peut déduire des observations des LISA que la structuration socio-spatiale est moins modifiée par l'intégration du projet des Plaines-du-Loup que pour les deux autres classes. À l'instar de ces dernières, on constate une diminution du nombre de quartiers avec une autocorrélation locale significative lorsque le projet est pris en compte.

Les quotients de localisation (Fig. 6.31) n'apportent pas d'informations supplémentaires sur les dynamiques socio-spatiales. On peut observer néanmoins que le quartier des Plaines-du-Loup, lorsque les agents peuvent y emménager, s'illustre par une sous-représentation de la classe inférieure alors que l'on observe un taux équivalent à la moyenne pour la classe supérieure et une légère sur-représentation de la classe moyenne.

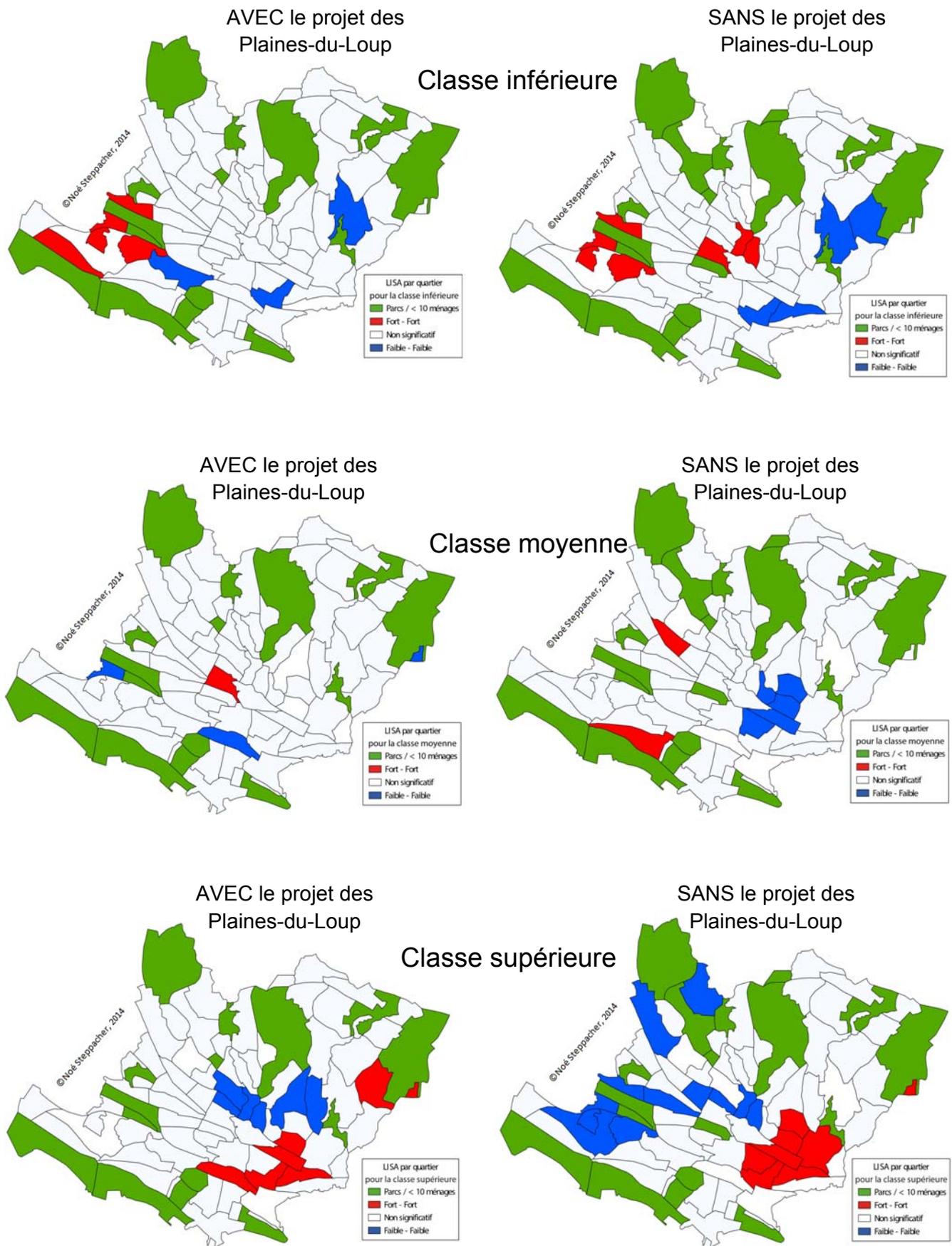


Figure 6.30 LISA par quartier (scénario D)

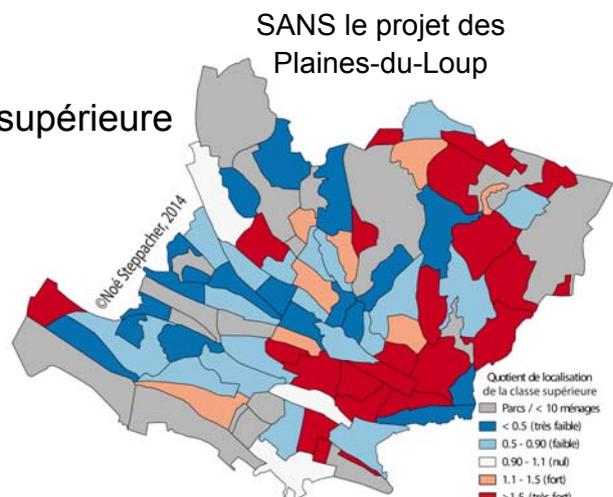
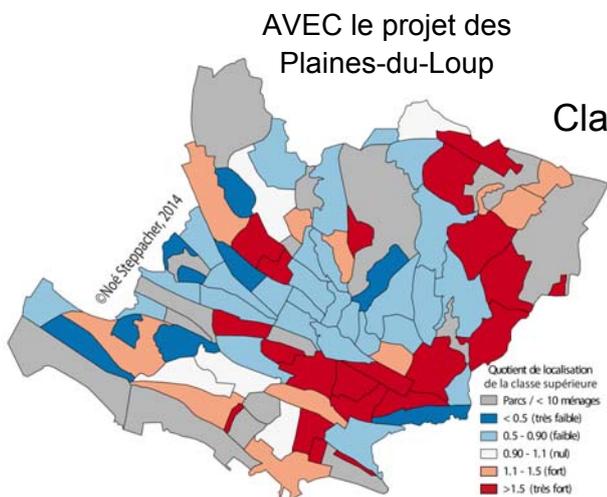
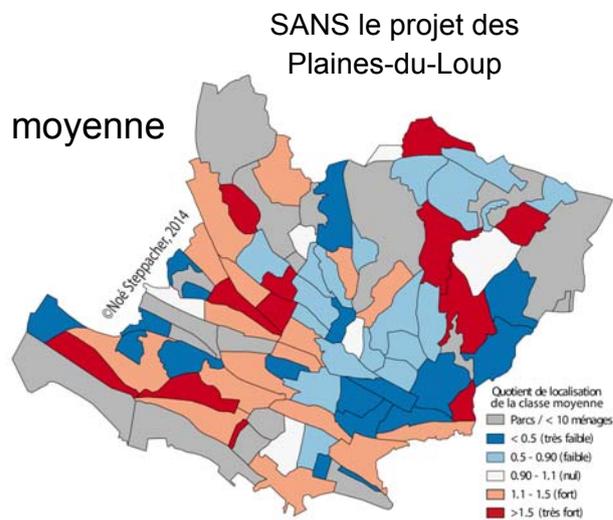
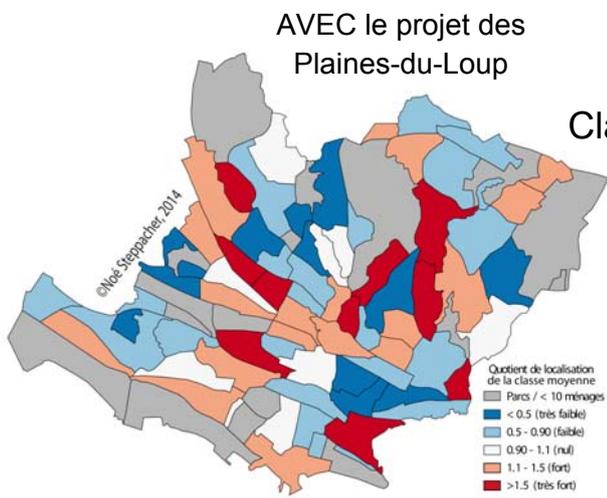
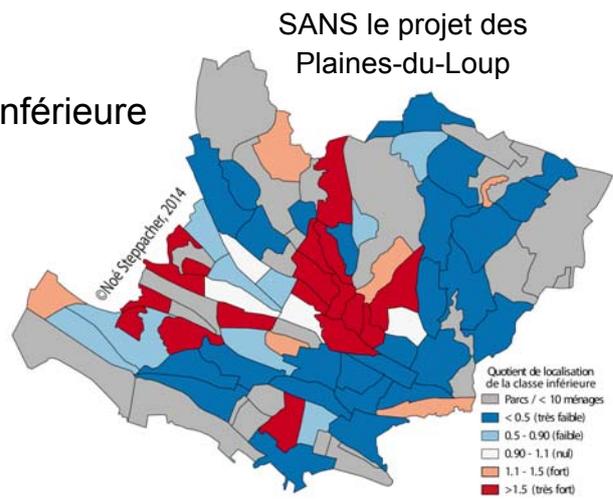
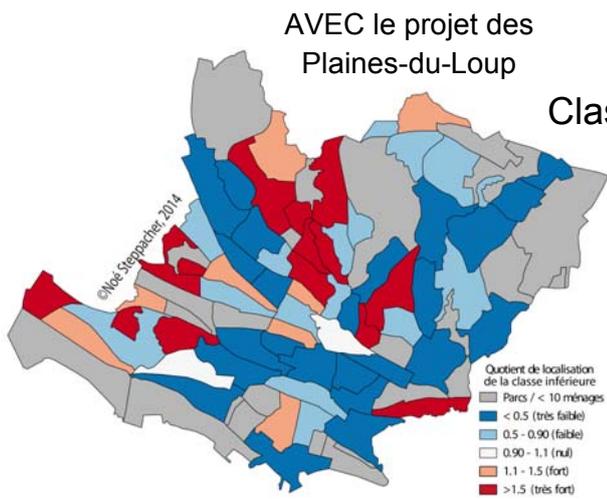


Figure 6.31 Quotients de localisation (scénario D)

La dernière analyse comparative s'intéresse à la dynamique foncière (Fig. 6.32): le projet des Plaines-du-Loup semble générer un impact très faible dans ces scénarios puisque les structures générales sont très similaires. Lorsque le projet est pris en compte, on constate un loyer maximal plus élevé (14'074. —) ainsi que des valeurs limites légèrement supérieures du troisième au cinquième quantile. De plus, les prix dans les quartiers voisins des Plaines-du-Loup sous plus élevés lorsque le projet est intégré. L'autocorrélation moins forte lorsque le quartier est intégré (Tab.6.19) peut s'interpréter comme une influence moindre des valeurs foncières entre les différents quartiers.

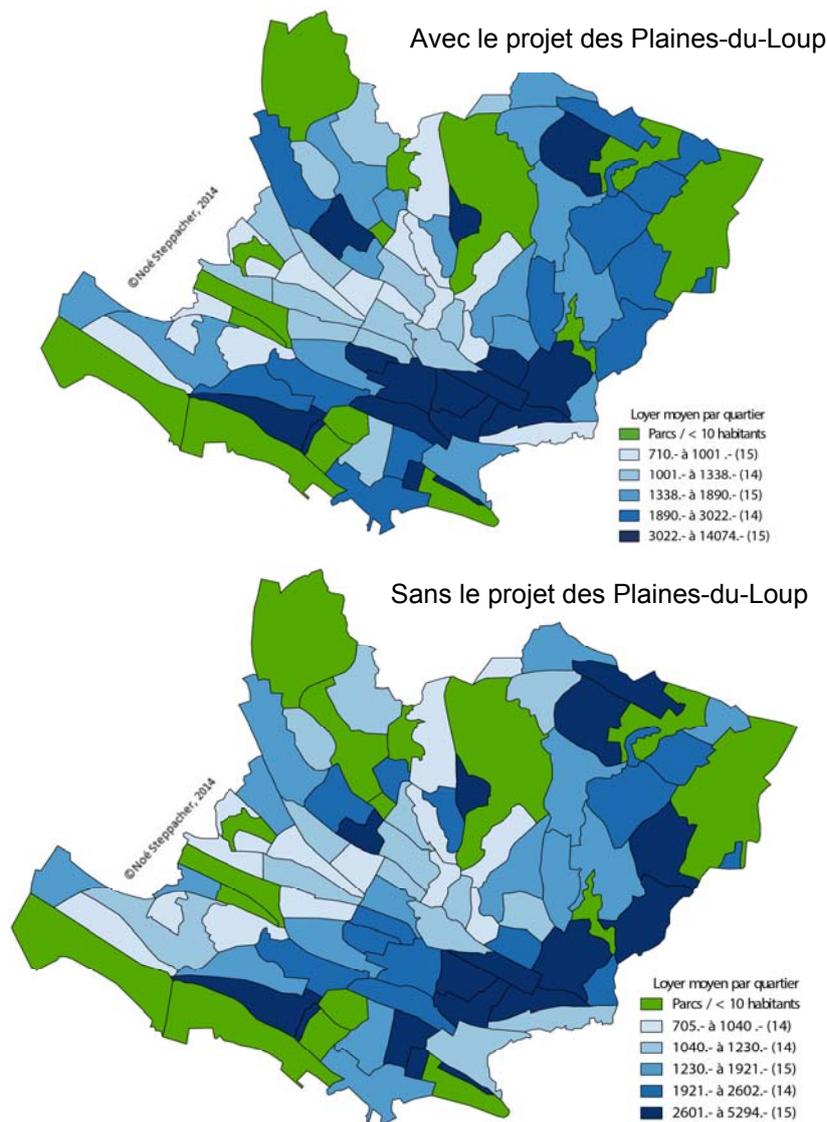


Figure 6.32 Loyer moyen par quartier (scénario D)

Tableau 6.19 Autocorrélation globale des loyers moyens par quartier (scénario D)

Loyers moyens par quartier	I de Moran
Avec le projet des Plaines-du-Loup	0.1
Sans le projet des Plaines-du-Loup	0.28

6.5. Scénario E

Ce scénario intègre nécessairement le projet des Plaines-du-Loup. La particularité de ce scénario réside dans la grande différence entre la satisfaction globale, plutôt haute, et celle des habitants du quartier des Plaines-du-Loup, très basse. Il s'agit d'essayer de déterminer les facteurs de cette insatisfaction et comparer la situation générale avec la situation locale.

La combinaison de paramètres pour ce scénario est la suivante (Fig.6.33):

- le degré de tolérance est fixé à 60 %.
- la distance de tolérance est fixée à 5 (les agents observent leur voisinage dans un rayon d'environ 150 m).
- la limite des loyers «médiane et 3^e quartile» implique:
 - o que le loyer pour la classe inférieure est le loyer médian lors de l'initialisationet
 - o que le loyer pour la classe moyenne est le loyer du 3^e quartile lors de l'initialisation.
- la dynamique foncière est «contrôlée» ce qui signifie que les baisses de loyers sont possibles et que la variation du loyer (hausse et baisse) est de 10 % au maximum lorsque le ménage change d'appartement.
- la distance d'influence est fixée à 4, soit environ 120mètres.

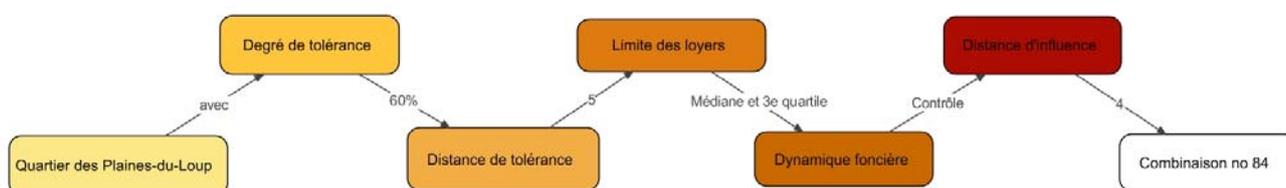


Figure 6.33 Combinaison de paramètres (scénario E)

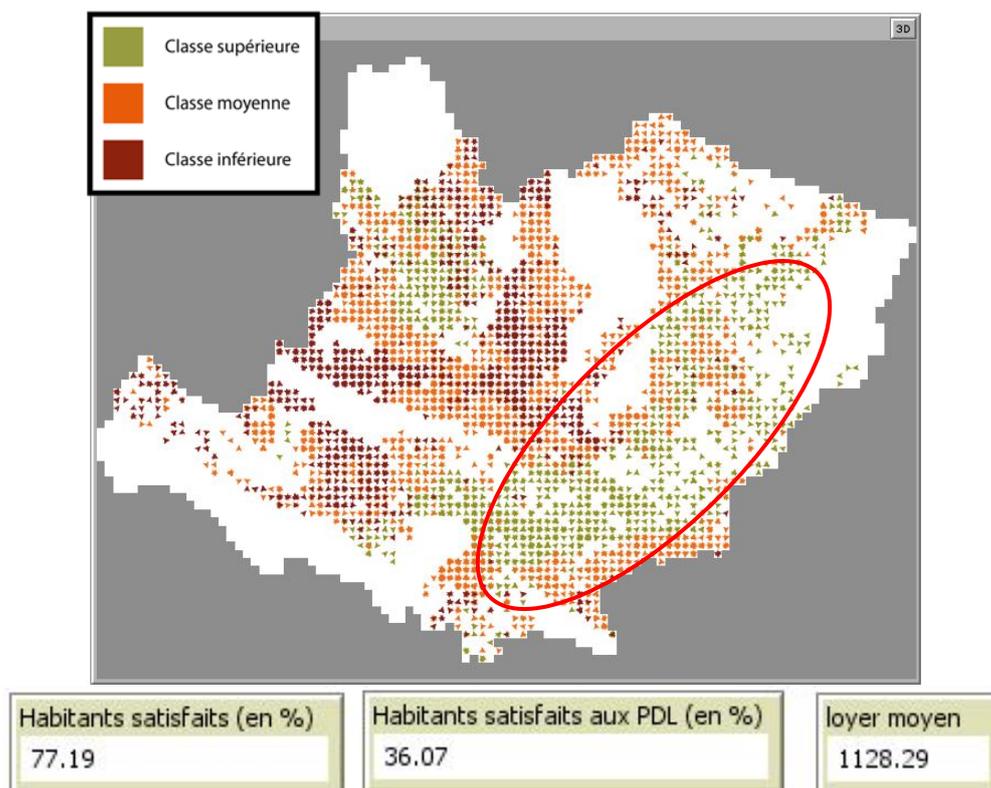


Figure 6.34 Résultat de la simulation (scénario E)

Les premières observations du modèle (Fig. 6.34) laissent apparaître des structures relativement étendues, notamment la répartition de la classe supérieure sur l'axe sud-ouest à nord-est.

L'analyse des taux de concentrations par quartier (Fig. 6.35) confirme ces premières constatations:

- Dans 80 % des quartiers (59/73), la classe inférieure est représentée à 25 % ou moins. Dans 3 quartiers uniquement, la concentration dépasse les 75 %. On peut donc en conclure que cette classe est répartie sur l'ensemble du territoire, mais dans des proportions faibles dans chaque quartier.
- La classe moyenne est présente dans plus de 90 % des quartiers et il n'est pas possible de détecter de structure particulière à première vue. On observe les taux les plus faibles à l'est, aux Plaines-du-Loup et aux alentours de ce quartier. Les taux supérieurs à 90 % semblent être localisés aléatoirement.
- Les patterns constitués par la classe supérieure sont relativement évidents: les taux les plus importants se situent sur un axe nord-sud sur toute la partie est de la ville. Le quartier des Plaines-du-Loup et les quartiers alentour accueillent également des concentrations fortes et très fortes (> 75 %).

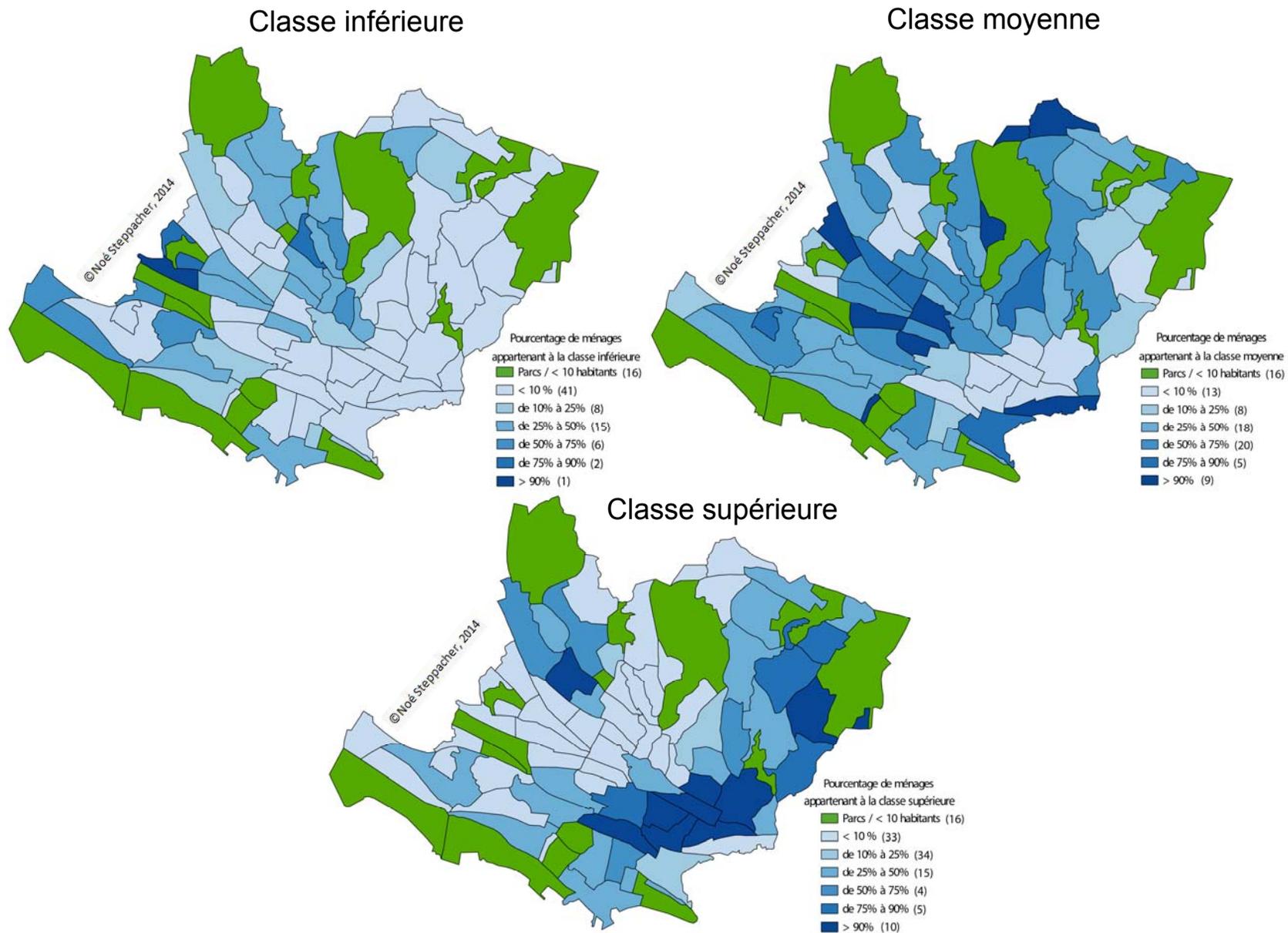


Figure 6.35 Pourcentage de chaque classe sociale par quartier (scénario E)

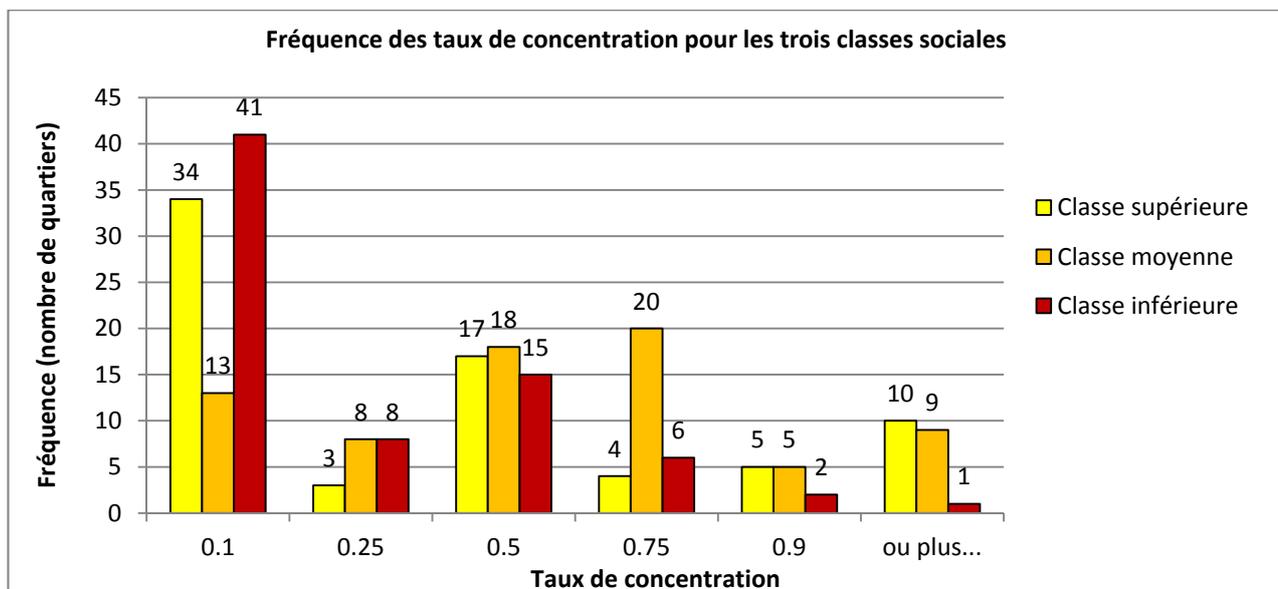


Figure 6.36 Fréquence des taux de concentration (scénario E)

L'analyse des fréquences des taux de concentrations (Fig. 6.36) souligne que la distribution de la classe moyenne est proche d'une distribution normale (coefficient d'asymétrie proche de 0) (Tab.6.20). Ceci démontre une répartition équilibrée de la classe moyenne dans les différents quartiers de Lausanne. La classe supérieure se démarque par la plus forte fréquence de taux supérieurs à 90 % mais également par une forte fréquence des taux inférieurs à 10 %. Quant à la classe inférieure, elle présente la plus forte fréquence des taux les plus faibles (< 10 %).

Tableau 6.20 Coefficient d'asymétrie (scénario E)

	Classe supérieure	Classe moyenne	Classe inférieure
Coefficient d'asymétrie	0.74	0.12	1.27

L'indice d'autocorrélation (Tab. 6.21) nous indique que les quartiers proches sont en moyenne semblables, particulièrement lorsque l'on considère la proportion de ménages de la classe supérieure. La classe moyenne est la moins corrélée spatialement, ce qui démontre à nouveau sa présence sur l'ensemble du territoire.

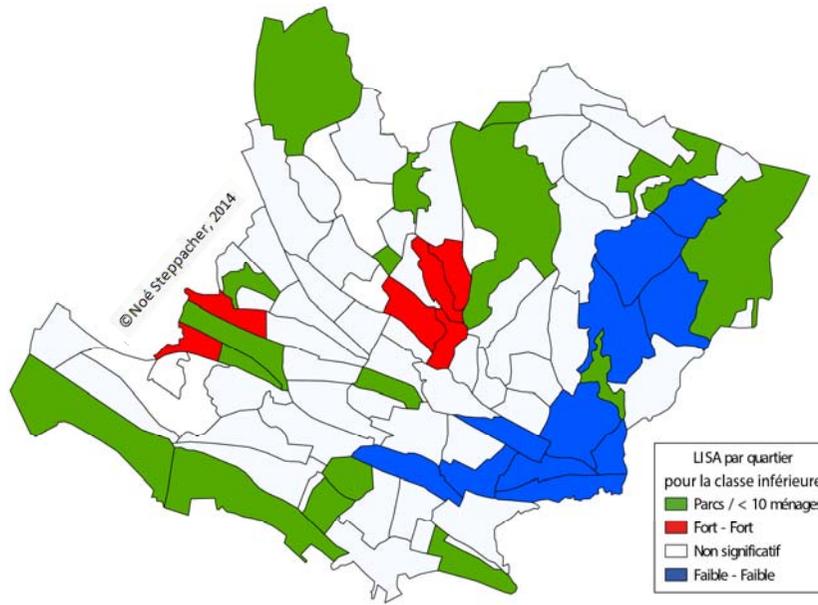
Tableau 6.21 Autocorrélation spatiale globale des taux de concentrations (I de Moran) (scénario E)

	Classe supérieure	Classe moyenne	Classe inférieure
I de Moran	0.55	0.24	0.36

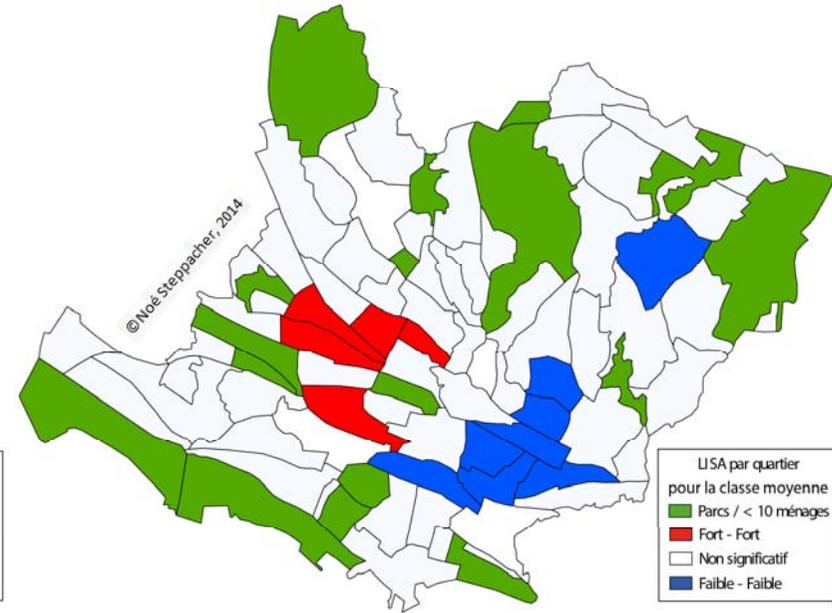
L'analyse des LISA (Fig. 6.37) démontre des indices d'autocorrélation locale plus importants qu'attendu, notamment pour la classe moyenne et inférieure. En effet, pour ces deux classes, on observe plusieurs quartiers avec un indice «faible-faible» à l'est qui s'explique par la forte représentation de la classe supérieure dans ces quartiers. Les trois classes ont constitué des concentrations dans plusieurs quartiers voisins, mais de plus grande ampleur pour la classe supérieure.

Les quotients de localisation (Fig. 6.38) démontrent d'autres tendances, notamment la très forte sous-représentation de la classe moyenne aux Plaines-du-Loup. À l'inverse, la classe inférieure et la classe supérieure sont fortement, voire très fortement, surreprésentées dans ce quartier. La classe supérieure et la classe inférieure sont soit sur-représentées soit sous-représentées dans les quartiers: pour ces deux classes, on n'observe que peu de quotients proches ou égaux à la moyenne (quotients nuls). À l'inverse, la plupart des quotients de localisation de la classe moyenne sont compris entre 0.5 et 1.5, ce qui illustre la répartition homogène de cette classe sur l'ensemble de l'espace.

Classe inférieure



Classe moyenne



Classe supérieure

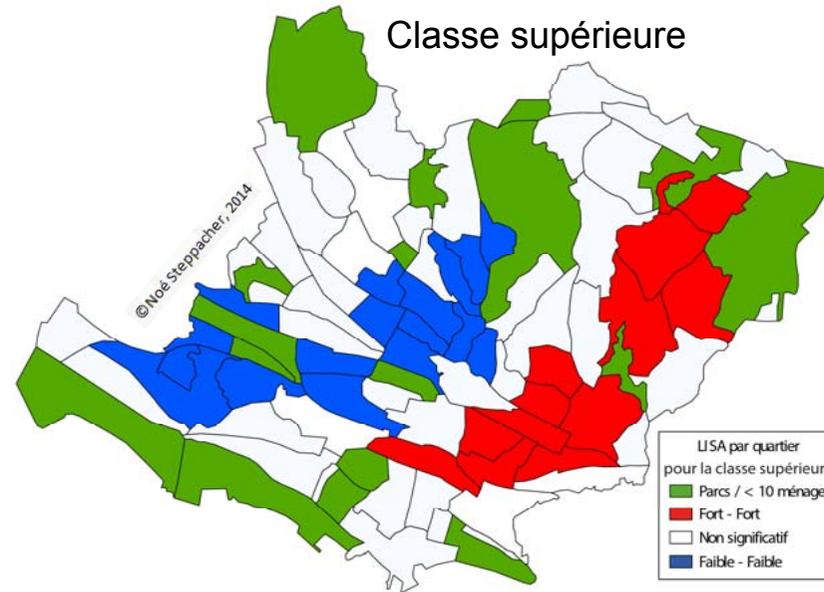
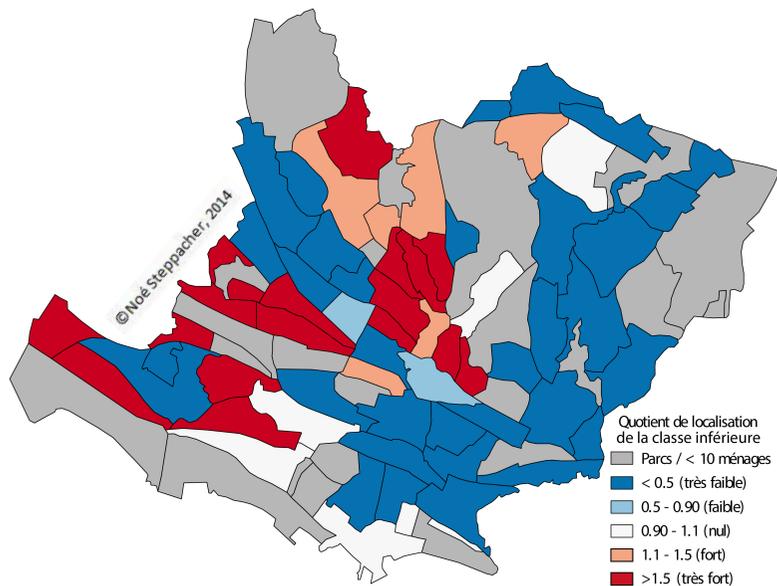
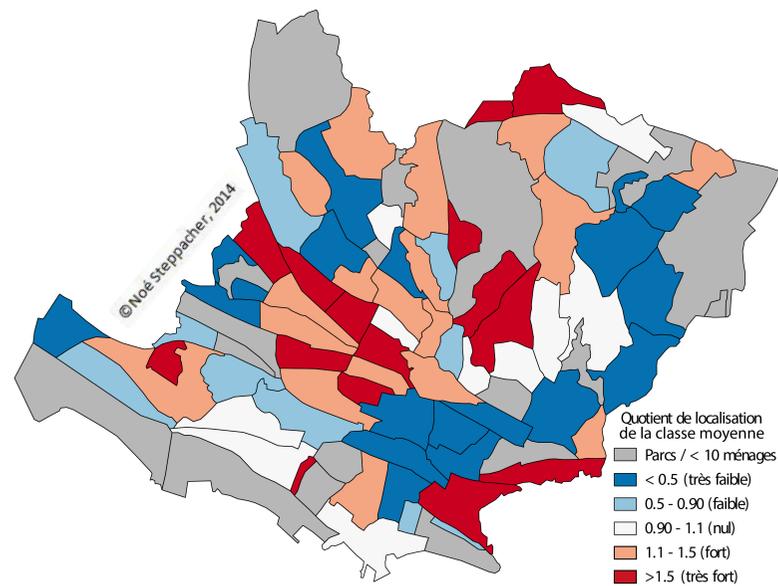


Figure 6.37 LISA par quartier (scénario E)

Classe inférieure



Classe moyenne



Classe supérieure

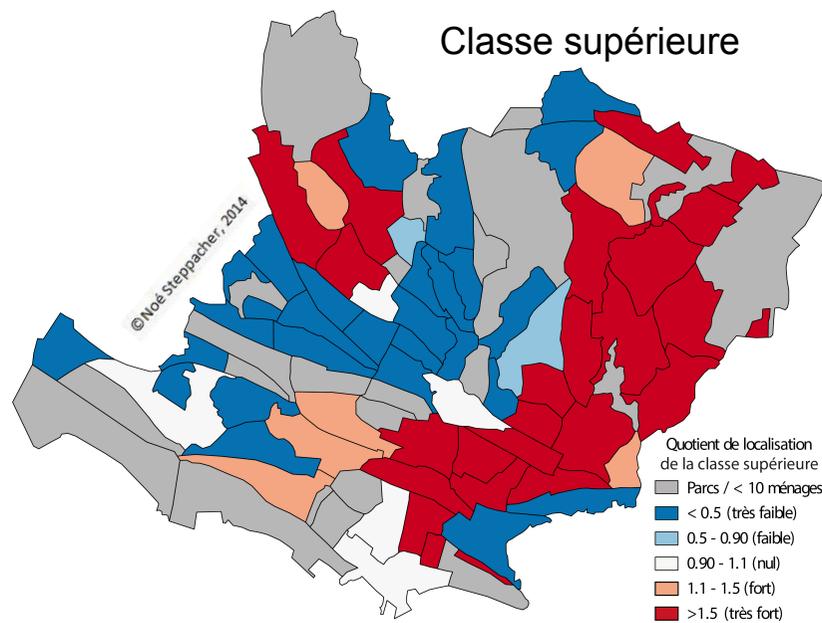


Figure 6.38 Quotients de localisation (scénario E)

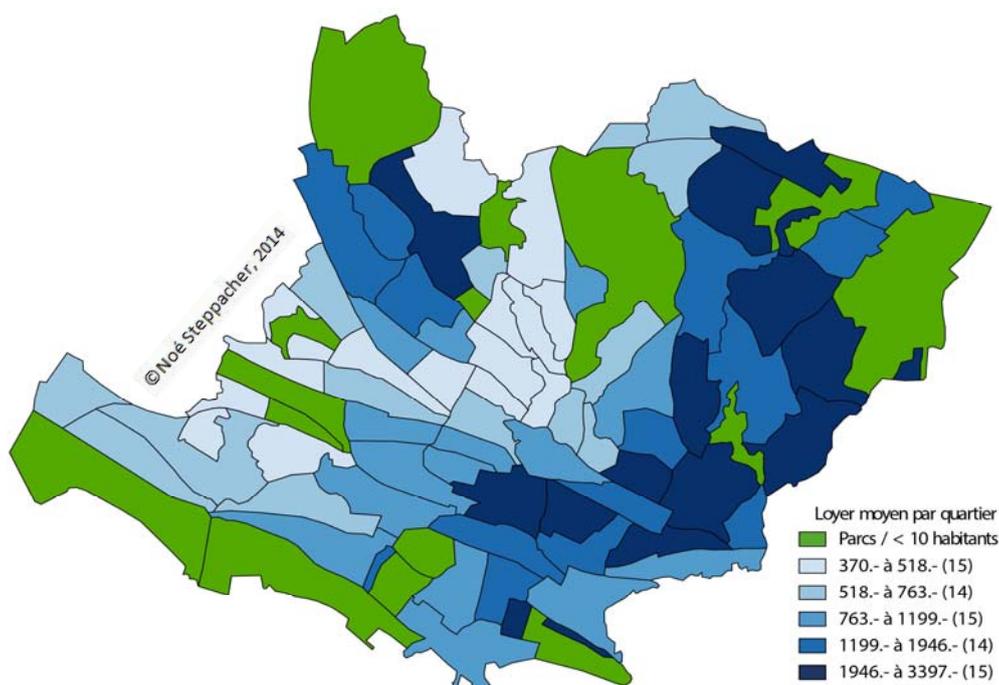


Figure 6.39 Loyer moyen par quartier (scénario E)

Les valeurs foncières sont fortement corrélées avec la localisation de la classe supérieure (Fig. 6.39). Bien que les loyers aux Plaines-du-Loup soient dans le quintile le plus élevé, nous avons pu constater la présence de la classe inférieure dans ce quartier, en raison de la présence des logements subventionnés. Ce scénario a généré des loyers bas, avec un minimum de 370.- et 60 % des loyers sont inférieurs à 1200.-, ce qui est particulièrement faible en comparaison de l'état initial (environ 1025.-) ou d'autres scénarios (le scénario 251, avec le loyer moyen le plus bas, affichait un loyer du 6e décile de 930.-). L'autocorrélation pour les loyers moyens par quartier est très élevée (Tab.6.22) et démontre des influences importantes entre les valeurs foncières d'un quartier sur l'autre. Cette particularité s'explique par la «distance d'influence» qui est fixée à 4, soit une influence d'environ 120 m, ce qui est relativement important pour ce paramètre.

Tableau 6.22 Autocorrélation des loyers moyens par quartier (scénario E)

Autocorrélation	I de Moran
Loyer moyen par quartier	0.6

Les liens entre les structures socio-spatiales, les paramètres et les particularités du scénario sont difficiles à établir. En effet, nous n'avons pas pu révéler un élément totalement inédit qui permettrait d'expliquer pourquoi la satisfaction dans le quartier des Plaines-du-Loup est si différente de la satisfaction globale. Nous avons cherché plus de détails dans le modèle, en observant notamment la satisfaction de chaque classe sociale (Tab. 6.23):

Tableau 6.23 Satisfaction et nombre de ménages selon la classe (scénario E)

	Classe supérieure	Classe moyenne	Classe inférieure
Satisfaction (en %)	63.67	3.01	2.22
Nombre de ménages	1680	320	790

On constate que la classe moyenne et la classe inférieure sont très peu satisfaites en comparaison de la classe supérieure. La satisfaction étant liée à la part de ménages appartenant à la même classe, et ce taux requis étant très élevé pour ce scénario (60 %), on peut en déduire qu'aucune organisation socio-spatiale satisfaisante n'a pu être constituée aux Plaines-du-Loup. La classe moyenne et la classe inférieure n'étant pas assez représentées dans le quartier ou dans les environs immédiats, les ménages de ces deux classes ne peuvent être satisfaits de leur environnement social et présentent donc des taux de satisfaction extrêmement bas dans ce quartier.

À l'inverse, dans le reste de la ville, le système parvient à trouver une structure satisfaisante, notamment en raison des paramètres liés aux valeurs des loyers qui facilite la mobilité résidentielle (dynamique foncière contrôlée).

6.6. Synthèse des scénarios

Nous avons effectué des analyses descriptives très détaillées des différents scénarios et démontré les principaux effets des paramètres, leurs incidences sur les structures socio-spatiales et les valeurs foncières puis systématisé la comparaison entre un système intégrant le projet des Plaines-du-Loup et celui qui ne l'intègre pas.

Dans cette synthèse, nous proposons un récapitulatif général des différentes conclusions des scénarios avant de rappeler les différentes combinaisons de paramètres. Cela nous permettra de revenir sur les principaux effets de ces derniers. Nous montrerons ensuite les points communs des différents scénarios ainsi que leurs principales différences.

En premier lieu, lorsque nous comparons les principales conclusions des analyses de chaque scénario, trois tendances principales peuvent être observées.

- De manière systématique, l'intégration du projet des Plaines-du-Loup permet une diminution de la ségrégation en atténuant les taux extrêmes. À cet égard, ce nouveau quartier remplit effectivement son rôle en favorisant la mixité sociale.
- Les loyers augmentent peu, voire diminuent, lorsque le paramètre lié à la dynamique foncière est fixé à «contrôle». À l'inverse, les prix augmentent plus vite et les maximums sont plus élevés lorsque le paramètre est fixé à «hausse»
- Dans la majorité des cas, le loyer moyen observé à l'échelle de la ville est plus élevé lorsque le projet des Plaines-du-Loup est intégré. Cela s'explique par les loyers qui seront pratiqués et qui sont prévus dans le projet et simulés dans les divers scénarios. En effet, ces loyers sont relativement élevés par rapport à ceux observés à Lausanne; ceci génère une légère inflation locale qui peut influencer de manière plus ou moins significative les loyers de l'ensemble de la ville. Cependant, ces effets systémiques sont relativement complexes et difficiles à démontrer car ils sont liés aux dynamiques sociales et aux effets de limitations définis par les paramètres «limite des loyers» ainsi qu'à la portée de la dynamique foncière (avec le paramètre «distance d'influence»).

Tableau 6.24 Comparaisons entre les scénarios (résultats et principaux effets du projet des Plaines-du-Loup)

Numéro de scénario (et de chapitre)	Particularité du scénario	Principales conclusions (effets de tous les paramètres, hormis l'effet du projet des Plaines-du-Loup)	Effets sur la ségrégation avec le projet des Plaines-du-Loup	Effets sur les valeurs foncières avec le projet des Plaines-du-Loup
82 vs 262 (6.1)	Degré de tolérance exigeant (60 % de semblables requis) mais taux de satisfaction élevé	Ségrégation assez importante	Atténuation des taux extrêmes	Propagation des prix élevés moins importante et loyer moyen moins élevé
71 vs 251 (6.2)	Loyer moyen très bas	Ségrégation très importante	Atténuation de la ségrégation pour la classe inférieure et la classe supérieure	Loyer moyen légèrement plus élevé
169 vs 349 (6.3)	Loyer moyen très haut avec un taux de satisfaction élevé	Très bonne mixité sociale et uniquement quelques loyers très élevés	Atténuation de la ségrégation pour la classe moyenne et la classe supérieure mais augmentation pour la classe inférieure	Loyers maximums plus élevés mais loyers bas identiques
73 vs 253 (6.4)	Taux de satisfaction très différent avec/sans le projet des Plaines-du-Loup	Degré de tolérance implique un d'un désir d'entre-soi trop restrictif qui péjore les conditions autour du quartier des Plaines-du-Loup	Atténuation des taux extrêmes et diminution de l'étendue des espaces ségrégués	Propagation des prix élevés moins importante mais loyer moyen plus élevé
No 84 (6.5)	Satisfaction globale très différente de la satisfaction des habitants des Plaines-du-Loup	Classe moyenne et inférieure très peu satisfaite des conditions dans le quartier des Plaines-du-Loup (degré de tolérance trop élevé)	Très nombreux quartiers avec une sous-représentation de la classe inférieure	Pas d'élément significatif

Tableau 6.25 Récapitulatif des différents scénarios, de leurs paramètres et des résultats des indicateurs

Scénario (et chapitre)	Plaines-du-Loup	Degré de tolérance	Distance de tolérance	Limite des loyers	Dynamique foncière	Distance d'influence	Satisfaction Totale (en %)		Loyer moyen (en CHF)		Satisfaction aux Plaines-du-Loup (en %)
							Avant simulation	Après simulation	Avant simulation	Après simulation	
Scénario A (6.1)	avec	0.6	1	«médiane et 3e quartile»	«contrôle»	3	14.5	82.5	1025	1080	40.3
	sans						74.2	1132		-	
Scénario B (6.2)	avec	0.4	5	«réaliste»	«contrôle»	5	51.9	75.8	1025	974	86.1
	sans						79.9	927		-	
Scénario C (6.3)	avec	«Taux du quartier»	5	«réaliste»	«hausse»	1	46.2	81.5	1025	5667	91.81
	sans						86.8	5053		-	
Scénario D (6.4)	avec	0.6	1	«réaliste»	«hausse»	1	14.5	51.7	1025	1737	18.28
	sans						68.1	1612		-	
Scénario E (6.5)	avec	0.6	1	«médiane et 3e quartile»	«contrôle»	4	14.5	77.2	1025	1128	36.1

* scénarios n'intégrant pas le quartier des Plaines-du-Loup

La comparaison entre le choix de paramètres et les indicateurs permet de conclure à une corrélation entre le taux de satisfaction (global et aux Plaines-du-Loup) et le «degré de tolérance». En effet, plus les exigences en terme d'homogénéité du voisinage sont fortes, plus il est difficile de générer une organisation socio-spatiale permettant de contenter tout le monde. On constate ainsi que les taux de satisfaction aux Plaines-du-Loup sont systématiquement inférieurs à 50 % lorsque le paramètre degré de tolérance est fixé à 0.6, soit 60 % de ménages semblables.

On observe aussi que le paramètre «degré de tolérance» fixé à «taux du quartier» permet de générer un système avec les meilleurs taux de satisfaction (global et aux Plaines-du-Loup). Il s'agit d'un résultat tout à fait cohérent puisque les ménages sont satisfaits des conditions à l'échelle du quartier, ce qui permet une meilleure adaptation lorsque les compositions sociales sont différentes d'un quartier à l'autre.

Concernant les valeurs foncières, le paramètre qui influence cette dynamique semble très effectif et l'on peut observer les loyers moyens les plus élevés lorsque ce paramètre est fixé à «hausse». À l'inverse, nous avons pu observer des cas où le loyer moyen obtenu après les simulations était inférieur au loyer moyen initial. À cet égard, le «contrôle» permet effectivement une limitation des variations des loyers. Il semble que, suivant les valeurs des autres paramètres, ce «contrôle» agisse également sur la satisfaction, dans la mesure où, si les loyers ne connaissent pas de hausse massive, toutes les classes sociales peuvent trouver plus rapidement un logement adapté à leurs moyens financiers en cas d'insatisfaction de leurs conditions de logement.

Dans les deux scénarios où le paramètre «dynamique foncière» est fixé à «hausse», le scénario incluant le projet des Plaines-du-Loup présente un loyer moyen supérieur. On peut donc envisager que, lorsque les pressions sur le marché immobilier favorisent une augmentation des prix, les logements des Plaines-du-Loup exacerbent quelque peu la tendance. Il s'agit là d'une évolution du système de simulation tout à fait cohérente. En effet, dans le projet «Métamorphose», le tiers des logements du quartier des Plaines-du-Loup dispose d'un loyer dit «libre» (PDL, 2013), c'est-à-dire qu'il n'existe aucune limite fixée par les autorités; une tendance générale à la hausse des loyers, tel que connaît actuellement la ville de Lausanne, peut donc tout à fait entraîner une forte spéculation sur les loyers des Plaines-du-Loup.

Les taux extrêmes de concentration d'une classe sociale (> 90 %) sont systématiquement observés dans les différentes simulations alors qu'ils sont totalement absents de l'état initial. Il s'agit d'une conséquence directe du paramètre «degré de tolérance»: dès que ce paramètre est appliqué, même avec des valeurs basses (même avec un degré de tolérance fixé à 0.4 (40 %)), il génère une ségrégation.

D'une manière générale, tous les scénarios ont généré des structures socio-spatiales et foncières relativement similaires à l'échelle de la ville:

- la classe supérieure à l'est
- la classe moyenne sur l'axe nord-sud
- la classe inférieure à l'ouest.

Il est intéressant de constater qu'il s'agit de la structure socio-spatiale présente lors de l'état initial, ce qui permet d'affirmer que l'inertie est très forte: les quartiers ne perdent que très difficilement leur «identité» liée au statut social de ses habitants.

Une conséquence tautologique mais non moins intéressante concerne les loyers élevés: ceux-ci sont générés par la présence de la classe supérieure, et réciproquement, ces loyers élevés favorisent l'installation de la classe supérieure (ou empêchent d'autres classes de s'y installer). On peut ainsi affirmer que le modèle reproduit très scrupuleusement la ségrégation des classes sociales selon les valeurs foncières.

D'un point de vue très technique, le modèle effectue des répercussions systémiques des valeurs foncières. Cet effet est perceptible en regard des structures observables dans chaque scénario: des gradients de prix s'observent entre les différents quartiers et se confirment dans la plupart des cas par un indice de Moran positif. Concernant cet indice, le paramètre «distance d'influence» occasionne également des effets sur la dynamique foncière et l'on constate des mesures d'autocorrélation plus marquées lorsque la valeur de ce paramètre est élevée.

Conclusion

Les objectifs de cette recherche ont été d'intégrer des dynamiques sociales et foncières présentes et observées dans la ville de Lausanne à un modèle de simulation. Celui-ci a alors permis d'élaborer des scénarios d'évolution potentielle et de constater les impacts possibles de la construction du quartier des Plaines-du-Loup sur l'ensemble de la ville. Du point de vue méthodologique, pour générer ces simulations selon cette approche prospective, nous nous sommes appuyés sur des données analytiques fines afin de rendre le modèle « plausible ». Cette quintessence informationnelle et statistique a été considérée selon les théories de ségrégations sociales et les théories de formation de la rente foncière afin de construire un modèle systémique solide : un système multi-agents, rendant compte de la mobilité des ménages, couplé à un automate cellulaire faisant évoluer les prix fonciers en interaction avec les mobilités des habitants et en prenant en compte les proximités et interactions spatiales.

L'élément déclencheur du modèle est la mobilité des agents qui va entraîner des évolutions en termes de ségrégation et de rente foncière. Dans la mesure où ces différents facteurs, dynamiques et processus de ségrégation et d'évolution de la rente foncière de la ville de Lausanne ont été analysés et recueillis, nous les avons tout naturellement intégrés dans le modèle de simulation, sous forme de transcriptions informatiques des ménages de la ville de Lausanne et sous forme de règles d'interactions et d'évolutions, issues de concepts et théories académiques en matière de géographie urbaine, sociale et économique .

La construction du modèle est un succès car il reproduit parfaitement les dynamiques sociales et foncières qui ont été prévues. Ainsi, nous avons pu démontrer que ces dernières ont conservé leur caractère systémique : la modification de l'une entraîne des répercussions sur l'autre. La méthode des scénarios se base sur l'exploration de ces différents processus systémiques : la modification ou l'évolution d'une petite partie du système, par exemple l'introduction du projet des Plaines-du-Loup ou la modification d'une dynamique, entraîne une évolution et une adaptation aux nouvelles conditions qui se répercutent sur les quartiers voisins, et ainsi de suite jusqu'à ce que l'ensemble de la ville soit impactée.

Nous avons cependant pu constater et démontrer que les évolutions du système ne sont pas invariablement les mêmes et dépendent de la combinaison et de l'importance qui est accordée aux différents facteurs sociaux et économiques. Par extrapolation, cette constatation nous permet de nous interroger plus précisément sur le rôle des pouvoirs publics. En effet, l'ampleur de leur intervention peut s'avérer décisive puisqu'ils ont la capacité de moduler directement certains facteurs d'un système urbain, notamment par le biais de la législation et de la réglementation, effectuant, à

l'instar du programmeur, une modification des «paramètres» qui permet une évolution différente du «système». Néanmoins, tous les aspects d'une société et d'un système urbain ne peuvent être directement et complètement contrôlés ; à l'aide du modèle de simulation que nous avons développé et de son exploration grâce aux scénarios, nous avons pu détecter les principales causes de bouleversement et les principaux concernés par ces derniers. Grâce aux analyses de ces scénarios particuliers, nous avons pu apporter des pistes de réflexion quant aux leviers d'action qui peuvent être mobilisés afin d'agir, de la façon la plus efficace possible, sur les problématiques que l'on cherche à résoudre, dans notre cas la ségrégation et les dynamiques foncières contestables et contestées (spéculation, crise du logement, hausse des loyers). Nous revenons maintenant sur trois types de conclusions : des évaluations générales du modèle, les conclusions sur les effets potentiels de l'introduction du projet des Plaines-du-Loup, et les leviers d'actions qui peuvent être mobilisés par les pouvoirs publics.

Conclusion : évaluation générale du modèle

1. Le modèle de simulation est robuste

Tout d'abord, il est important de préciser que ce système de simulation est robuste : un paramétrage précis aboutit toujours aux mêmes résultats.

2. Le concept de classes sociales est une réalité

Le concept de classes sociales est toujours valable et il permet d'expliquer le choix résidentiel, les rapports intergroupes et la satisfaction résidentielle.

3. Les effets systémiques sont une réalité

La modification d'un seul élément provoque l'adaptation du système urbain tout entier. A cet égard, le projet des Plaines-du-Loup va indubitablement interférer dans l'évolution du système socio-spatial de la ville de Lausanne et de ses dynamiques foncières.

4. La mobilité des ménages provoque les modifications de loyers et provoque de la ségrégation

En tant qu'élément déclencheur du modèle, la mobilité des ménages contribue à faire évoluer les dynamiques socio-spatiales et les dynamiques foncières. Si l'évolution de ces dernières sont jugées négatives (augmentation de la ségrégation, hausse importante des loyers), la limitation de la mobilité résidentielle est une solution. De ce point de vue, l'amélioration de la satisfaction résidentielle peut permettre d'obtenir cette immobilité résidentielle.

Conclusion : Les effets potentiels du projet des Plaines-du-Loup

5. Le quartier des Plaines-du-Loup est un élément « perturbateur » de la ville de Lausanne

Les effets du projet des Plaines-du-Loup ne sont pas à négliger : la satisfaction globale et le loyer moyen sont systématiquement différents si l'on inclut le projet des Plaines-du-Loup. De plus, dans la plupart des scénarios, le loyer moyen est plus élevé et la satisfaction globale

moins bonne. Il ne faut donc pas sous-estimer les effets systémiques d'un tel projet et déterminer comment limiter l'impact des Plaines-du-Loup si cet impact est jugé trop négatif.

6. L'influence de la Plaines-du-Loup est significative : le projet atténue les processus de ségrégation

Le quartier d'habitation aux Plaines-du-Loup prévoit des droits de superficie visant à garantir des loyers modérés. Cet aspect doit ainsi permettre aux ménages les moins aisés de s'installer dans ce nouveau quartier. Si l'objectif principal est de favoriser la mixité en attirant différentes classes sociales, grâce aux simulations des conséquences supplémentaires peuvent être observées en termes de diminution de la ségrégation. En effet, les logements à loyer modéré contribuent à la mobilité résidentielle de ménages fortement limités dans leur choix et contraints à se limiter à certains quartiers dans lesquels les loyers restent abordables. Ainsi, la démultiplication des espaces dans lesquels on trouve des logements accessibles permet de diminuer la ségrégation dans le système entier en atténuant les concentrations extrêmes que l'on observe autrement, par exemple lorsque le projet des Plaines-du-Loup n'est pas intégré.

7. Le projet des Plaines-du-Loup peut contribuer à exacerber les dynamiques foncières

Autre effet possible du projet « Métamorphose », lorsque les prix des logements connaissent une hausse importante pour différentes raisons (crise du logement, spéculation dans le cas de Lausanne), la construction de nouveaux logements peut potentiellement contribuer à exacerber cette tendance si elle est laissée sans « contrôle ». Ainsi, les scénarios ont démontré que les limitations prévues dans le projet (loyers contrôlés et subventionnés) ne sont pas suffisantes pour juguler une dynamique foncière prononcée; voire plus négatif encore: dans plusieurs scénarios, l'intégration du quartier des Plaines-du-Loup contribue à l'augmentation du loyer moyen de la ville et celui observé dans le quartier des Plaines-du-Loup appartient à la catégorie la plus élevée.

8. La satisfaction des habitants des Plaines-du-Loup est déterminée par leur tolérance aux autres:

Finalement, lorsque les logements des Plaines-du-Loup seront mis sur le marché, les simulations ont montré que la satisfaction des futurs habitants dépendra des conditions foncières et des dynamiques sociales du moment: si les tensions sociales sont trop fortes (et se traduiraient dans le modèle par un « degré de tolérance » très restrictif), les conditions de logement aux Plaines-du-Loup seraient insatisfaisantes pour la plupart des habitants. De même, si la spéculation est trop importante, les prix des loyers libres seront trop élevés et empêcheront la classe moyenne de s'y installer.

Conclusion : Les leviers d'actions des pouvoirs publics

9. La dynamique foncière peut être contrôlée pour limiter la hausse des loyers

Ainsi, dans le modèle de simulation, la limitation des variations des loyers (avec le paramètre « contrôle » de la « dynamique foncière ») est un moyen efficace de contraindre le système à offrir le plus longtemps possible des conditions foncières permettant l'accès au logement au plus grand nombre de ménages. Il s'agit d'un critère indispensable pour favoriser la mobilité résidentielle et contribuer ainsi à la mixité sociale.

10. Une politique du logement favorisant la tolérance peut limiter la hausse des loyers

Cependant, si les conditions foncières sont favorables, il ne faut pas pour autant oublier de promouvoir la cohabitation de ménages appartenant à différentes classes, catégories ou groupes sociaux. La création de conditions-cadres favorables à la mixité sociale (espaces publics de qualité, diversité des loyers au sein des mêmes immeubles) est un bon moyen de favoriser les contacts quotidiens et donc l'intégration des minorités. Il s'agit d'un élément nécessaire pour permettre au « degré de tolérance » d'être optimal, ce qui impacte directement la satisfaction résidentielle, limite la mobilité, diminue la pression sur les logements vacants et atténue les hausses des loyers.

11. Les effets contre-intuitifs d'une politique du logement

Ainsi, dans certains cas, la ségrégation peut se révéler très forte alors que les conditions semblaient favorables à la mixité sociale. Cette situation paradoxale a été observée dans le cas où la dynamique foncière est si peu influente (tous les loyers sont bas), qu'un désir d'entre-soi, même minime, génère une différenciation socio-spatiale. Ce résultat rejoint parfaitement ceux obtenus par Schelling dans son théorème de la « tyrannie des petites décisions » (Schelling, 1980 : le cumul des choix personnels aboutit à un résultat « optimal », par exemple la volonté individuelle de vivre entouré de ses semblables peut entraîner une ségrégation très importante.) Il ne faut cependant pas conclure qu'un système générant des loyers élevés évite la ségrégation, mais il est intéressant de constater qu'un système sans contraintes économiques peut également produire des dynamiques et des situations ségréгатives.

12. Les effets contre-intuitifs d'une libéralisation du marché foncier

Dans d'autres cas, les dynamiques foncières sont très particulières, par exemple avec de très fortes hausses de loyers, dynamiques que nous avons simulées et analysées dans certains scénarios. Nous avons alors observé que ces conditions foncières limitant la mobilité des ménages sont conciliables avec une mixité sociale dans les différents quartiers. Dans ce cas, et si la tolérance à cette mixité est bonne, la satisfaction résidentielle est élevée, la mobilité

Déterminer plus explicitement des leviers d'action pour les autorités publiques serait trop aventureux et le but de notre modèle de simulation est de démontrer que la modification d'une caractéristique d'un système urbain peut générer une évolution et des effets systémiques. De plus, il n'est pas possible de surmonter toutes les difficultés qui entravent le « bon fonctionnement » d'un système urbain: il est utopique de penser que l'on peut instantanément modifier les perceptions et les préjugés concernant une catégorie sociale minoritaire, tout comme il est impensable de bouleverser le fonctionnement économique, notamment celui du marché foncier. À l'inverse, ne pas agir serait également dommageable et nous avons montré les domaines sur lesquels les choix décisionnels seraient les plus adaptés. Bien entendu, ces domaines d'action ont été identifiés d'après nos réflexions concernant les dynamiques et processus que nous estimons problématiques: nous les avons analysés à l'aide de méthodes et d'outils bien précis. En effet, nous avons principalement orienté notre recherche sur les aspects socio-économiques des ménages et sur les valeurs foncières, mais bien d'autres aspects d'un système urbain pourraient être pris en compte, et donc intégrés à un modèle puis simulés. Finalement, la manière dont est « interrogé » le modèle doit nécessairement être cumulée à une adaptation de sa construction et de sa programmation (règles d'interactions, définitions des caractéristiques des entités). Alors, de très nombreux scénarios peuvent être testés. La condition *sine qua non* est de parvenir à conférer aux paramètres des valeurs calibrées et qui correspondent aux données observées. En effet, il s'agit de la principale difficulté sur laquelle nous concluons notre recherche: la qualité des résultats obtenus grâce au modèle est totalement soumise à la capacité à déterminer les valeurs initiales, pondérer et anticiper la manière dont le système peut évoluer puis utiliser les outils d'analyse les plus adaptés. Malgré ces difficultés, il est certain que la méthode et la démarche que nous avons mises en place pour cette recherche peuvent être appliquées à tout système urbain dont on connaîtrait les principales composantes et, à cet égard, il s'agit d'un outil de grande valeur pour l'évaluation et l'expérimentation des politiques publiques.

Réunies sous le terme de « scénario », les différentes ouvertures sur les futurs possibles de la ville de Lausanne sont innombrables, en raison des nombreuses combinaisons, et un choix très restreint a été effectué. De plus, le modèle construit dans le cadre de cette recherche a intégré les paramètres fondamentaux et a inclus uniquement les facteurs nécessaires à un fonctionnement simple mais réaliste. Cependant, comme nous l'avons souligné, avec de données de qualité, toute dynamique ou processus urbain peut être simulé. Là, d'ailleurs, réside tout l'intérêt et le potentiel de cette méthode et de cet outil: la complexification est illimitée et, si elle est structurée, peut permettre d'intégrer de plus en plus de paramètres pour aboutir à une adaptation de plus en plus rigoureuse à chaque contexte et à chaque système urbain. Cette possibilité d'inclure et de simuler une situation quelle qu'elle soit, dans un espace quel qu'il soit, permet de prévoir, sans trop s'avancer, un futur radieux aux modèles de simulation.

Bibliographie

24.immobiliers.ch (2011). *Les indicateurs de loyer*. Disponible sur : <http://www.24immobilier.ch/les-indicateurs-de-loyers.html?sl=FR>

Aebischer, V. et Oberlé, D. (2012). *Le groupe en psychologie sociale*. Paris : Dunod.

Anas, A. (2007). Ethnic segregation and ghettos. In R. Arnott. *A companion to urban economics*. Chicago: Blackwell publishers. Pp. 537-554.

Apparicio, P. (2000). « Les indices de ségrégation résidentielle : un outil intégré dans un système d'information géographique ». *Cybergeo : European Journal of Geography* [en ligne]. 20p.

Arsanjani, J.J. (2012). *Dynamic land-use/cover change simulation : geosimulation and multiagent agent-based modelling*. New York: Springer.

Aveline, N. (2005). *Les marchés fonciers à l'épreuve de la mondialisation*. Lyon : Université d'urbanisme de Lyon.

Banos, A, Charpentier, A. (2007). « Simulating pedestrian behavior in subway stations: an approach based on agents ». In *Proceedings of the fourth European Social Simulation Conference*, pp.611-621. Toulouse: [S.N.].

Banos, A, Abhimanyu, G., et Lassarre, S. (2005). « Simulating pedestrians and cars behaviors in a virtual city : an agent-based approach ». In *Proceedings of the European Conference on Complex Systems*. Paris: [S.N.].

Batty, M. (1997). « Cellular Automata and Urban Form: a primer ». *Journal of the American Planning Association*. Vol. 63. No. 2. Pp. 266-274.

Batty, M. (2005). *Cities and complexity : understanding cities with cellular automata, agent-based models*. Cambridge: The MIT Press.

Bacaër, N. (2009). *Histoires de mathématiques et de populations*. [S.N.] : Editions Cassini

Bacqué M.H., Fol S., (2007), «Effets de quartier: enjeux scientifiques de l'importation d'une controverse», in Authier J.Y., Bacqué M.H., Guérin-Pace F., (eds), *Le quartier. Enjeux scientifiques, actions politiques et pratiques sociales*, La Découverte, pp. 181-193.

Bavaud, F. (1998). *Modèles et données: Une introduction à la statistique uni-, bi- et tr variée*. Paris: L'Harmattan.

Bavaud F. (2005). «Using local formalism in quantitative geography: a straightforward method for taking spatial auto-correlation into account». In: *14th European Colloquium on Theoretical and Quantitative Geography*, 2005.

Bavoux, J.J. (2005). *Géographie des transports*. Paris : A.Colin.

Beckerich, C. (2001), *Bien publics et valeurs immobilières*, Paris, ADEF.

Bell, W. (1954). «A probability model for the measurement of ecological segregation». *Social Forces*, 32 (4), 357-364

Bendaoud, M. (2013). « La mixité comme forme d'innovation sociale: stratégies canadienne et européennes en matière de logements sociaux ». *Policy*. Consulté à l'adresse

http://labs.carleton.ca/canadaeurope/wp-content/uploads/sites/9/Bendaoud_CETD-policy-brief_housing_August-2013_final.pdf

Benenson, I. [et alii]. (2008). « PARKAGENT : An agent-based model of parking in the city ». *Computers, Environment and Urban Systems*. Vol 32. Pp.431-439.

Blanchet, D. (1998). «La microsimulation appliquée à l'analyse des politiques sociales ». *Economie et Statistique*. Vol.315. No 315. Pp.29-34.

Bourdieu, P. (1979). *La distinction : critique sociale du jugement*. Paris : Editions de minuit.

Bourdieu, P. (1980). « Le capital social ». In: *Actes de la recherche en sciences sociales*. Vol. 31, janvier 1980. pp. 2-3.

Bourdieu, P. (1993). *La misère du monde*. Paris : Seuil.

Boutaud, A. (2013). *Le développement durable : penser le changement ou changer le pansement*. St-Etienne : Université Jean Monnet.

Bouzouina, L. (2008). *Ségrégation spatiale et dynamique métropolitaines*. Thèse de doctorat. Lyon : Presses Universitaires.

Bun, J. (1981). Écologie urbaine et géographie sociale. *Villes en parallèle*, n° 4, pp. 8-40.

Brun, J. (1983). « La ségrégation sociale. Question de terminologie et de méthode ». *Espace, Population, Société*, 1983/1, Pp. 75-85.

Brun, J. Rhein, C. (Eds). (1994). *La ségrégation dans la ville*. Paris : Harmattan.

Brun, J. (1994). « Essai critique sur la notion de ségrégation et son usage en géographie ». In : J.Brun, C. Rhein (Eds). *La ségrégation dans la ville* (pp.21-57). Paris : Harmattan.

Buffet F.-N. (et alii) (dir.) (2004). *Les mécanismes fonciers de la ségrégation*. Paris: Association des études foncières (ADEF).

Buisson, M., Mignot, D., Bouzouina, L. (2005). « Métropolisation et segregation ». In M.Buisson , D. Mignot. *Concentration économique et ségrégation spatiale*. Bruxelles : De Boeck.

Burgess, E. (1925). «Si vis pacem, para bellum». In :Grafmeyer, Y., Joseph, I. 1990. *L'école de Chicago* (pp.XX-XX). Paris : Editions du champ urbain.

Calcoen F., Cornuel D. (2001). « Les aides personnelles au logement en France dans l'histoire des politiques du logement ». *Recherches et prévisions*. No.64. Pp. 90-98.

Caruso, G. (2005). « Un modèle cellulaire et dynamique de dispersion et ségrégation spatiale périurbaine ». In *Concentration économique et ségrégation spatiale*. Economie, Société, Région. Bruxelles: De Boeck.

Caruso, G., Cavailhès, J., Frankhauser, P. Peeters, D., Thomas, I. et Vuidel, G. (2011). « S-GHOST : Un modèle d'auto-organisation de l'étalement urbain et du réseau de transport ». In *La modélisation urbanisation-transport*. Paris: Economica.

Caruso, G , Peeters, D., Cavailhès, J. et Rounsevell, M. (2007). « Spatial configurations in a periurban city: a cellular automata-based microeconomic model ». *Regional Science and Urban Economics*.

Castells, M. (1972). « La ville en système ». In : De la ville aux réseaux. Pp. 49-86.

- Castels, R., (1995). *Les métamorphoses de la question sociale. Une chronique du salariat*. Paris : Fayard.
- Caubel, D. (2008). « Transports en commun et accès à la ville : des réponses limitées ». ». In Gaschet, F. & Lacour, C. (dirs). *Métropolisation et ségrégation* (pp.217-232). Pessac : Presses Universitaires de Bordeaux.
- Chabanet, D. (2007). « Chômage et exclusion social : l'échec européen ». *Politique Européenne*. No.21. pp.157-187.
- Charlot, S. (2009). La périurbanisation renforce-t-elle la ségrégation résidentielle urbaine en France. *Espace, population, société*. 2009 /1. Pp. 29-44. Disponible sur : <http://eps.revues.org/3556>
- Chopard, B., Droz, M. *Cellular Automata Modeling of Physical Systems*. Cambridge: Cambridge University Press
- Claval, P. (1995). « Géographie et sociologie ». In: *Encyclopédie de Géographie*, 1995, pp 57-73
- Clark, W. (1986). « Residential segregation in American cities : a review and interpretation ». *Population, research and policy review*. No.5. Pp.95.129.
- Conseil Scientifique de l'Evaluation (1996), *Petit Guide*, disponible sur : http://www.evaluation.gouv.fr/cgp/fr/interministere/doc/petit_guide_cse.pdf
- Cuennet, S. Favarger, P., Thalmann, P. *La politique du logement*. Lausanne : PPUR.
- David, D. (2011). Prospective Territoriale par Simulation Orientée Agent. Disponible sur : http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/63/32/16/PDF/2010lare0009_david_opt.pdf
- Davy, A.-C. Guigou, B., Sagot, M. (2005). *Ségrégation urbaine et politiques publiques : étude comparative*. Disponible sur : <http://www.iau-idf.fr/detail/etude/segregation-urbaine-et-politiques-publiques-etude-comparative.html>
- Debarbieux, B. (2006). « Prendre position : réflexion sur les ressources et les limites de la notion d'identité en géographie ». *L'Espace géographique*. 2006/4. Pp.340-354.
- Demeuse, M., Frandji, D., Greger, D., & Rochex, J.Y. (Eds). (2008). *Les politiques d'éducation prioritaire en Europe: Conceptions, mise en œuvre, débats*. Lyon: Institut national de Recherche pédagogique
- Derycke, P.-H, Pumain, D. (1996). *Penser la ville: theories et modèles*. Paris : Anthropos.
- Deschamps, E. (2004). « Mis en perspective des dispositifs juridiques contre la ségrégation urbaine ». In : F.-N Buffet, *Les mécanismes fonciers de la ségrégation*. Paris: Association des études foncières. Pp.161-198
- Desponds, D. (2005). *Stratégies résidentielles et logiques ségréгатives : investigations dans l'aire d'influence de Cergy-Pontoise*. Paris: Connaissances et savoirs.
- Donzelot, J. (2004). « La ville à trois vitesses : relégation, périurbanisation, gentrification ». *Esprit*. 3-4, pp.14-39
- Duncan, O. D., Duncan, B. (1955). « A Methodological Analysis of Segregation Indexes ». *American Sociological Review*. Vol. 20. No. 2. Pp. 210-217.

Ferréol, G. (2009). *Dictionnaire de sociologie*. Paris : A.Colin.

Friedrichs, J. Galster G. (2003). « Neighbourhood effects on social opportunities ». In: *Housing studies*. Pp.797-806.

Frey, W. (1979). « Central city white flight : racial and nonracial causes». In: *American Sociological Review*. Vol.44. Pp.425-448.

Fujita, M. (1989). Testing the efficiency of urban spatial growth : A case study of Tokyo. *Journal of Urban Economics*. Vol.25. Pp. 156-192.

Gallo, M., D'Acierno, L., Montella, B. (2010). « Model and Algorithms for solving the multimodal network design problem in regional context». *Documents published for the 12th World Conference on Transport Research*. 16p.

Galster, G. (1988). « Residential segregation in American cities». *Population, research and policy review*. No.7, Pp. 113-121.

Gardner, M. (1970). «Mathematical Games. The fantastic combinations of John Conway's new solitaire game « life »». *Scientific American*. Pp. 120.123.

Gaschet, F. (dir.) [et al.]. (2008). *Métropolisation et ségrégation*. Pessac: Presses Universitaires de Bordeaux.

Gaschet, F., Gaussier, N. (2008). « Ségrégation et hystérèse spatiale ». ». In Gaschet, F. & Lacour, C. (dirs). *Métropolisation et ségrégation* (pp.263-290). Pessac : Presses Universitaires de Bordeaux.

Gaschet, F. & Lacour, C. (dirs) (2008). *Métropolisation et ségrégation*. Pessac : Presses Universitaires de Bordeaux.

Gaschet, F., Le Gallo, J. (2008). « La dimension spatiale de la ségrégation ». In Gaschet, F. & Lacour, C. (dirs). *Métropolisation et ségrégation* (pp.45-66). Pessac : Presses Universitaires de Bordeaux.

Grafmeyer, Y., Joseph, I. (1990). *L'École de Chicago*. Paris: Aubier. Traduction partielle de l'ouvrage de Park, Robert Ezra, Burgess, Ernest W. et McKenzie R. 1925. *The City*. University of Chicago Press, 1925

Granelle, J.-J.(2004). « Les marchés fonciers, causes ou conséquences de la ségrégation sociale ? ». In Buffet F.-N. (et alii) (dir.), *Les mécanismes fonciers de la ségrégation* (pp.75-96). Paris: Association des études foncières (ADEF).

Granovetter, M (1973). «The strength of weak ties. American» *Journal of and Sociology* Vol 78. Pp. 1360-1380.

Guérin-Pace, F. (2006). «Sentiment d'appartenance et territoires identitaires ». *L'Espace géographique*. 2006/4. Pp.298-308.

Halbwachs, M. (1909). *Les expropriations et le prix des terrains à Paris (1860-1900)*. Paris: Société Nouvelle de Librairie.

Halpern, C., Pollard, J. (2013) « Les acteurs de marché font-ils la ville ? ». *Espaces Temps.net*. Disponible sur <http://www.espacestems.net/articles/les-acteurs-de-marche-font-ils-la-ville/>

Haegel, F. (2003). « Stigmate ». In: Jacques Lévy et Michel Lussault (dir.), *Dictionnaire de la géographie et de l'espace de sociétés*, Paris, Belin, 2003.

Homegate.ch (2011). *Fréquence élevée des déménagements, faibles taux de vacance*. Disponible sur : <http://www.homegate.ch/acheter/etapes-vers-la-propriete/analyses-marche/tendances-du-marche/rapport-sur-les-demenagements>

Hoyt, H. (1939). *The Structure and Growth of Residential Neighbourhoods in American Cities*. Washington: Federal Housing Administration.

Huissoud, T. (1999). *Structures et tendances de la différenciation dans les espaces urbains en Suisse*. Lausanne: Ecole polytechnique fédérale.

Isard. (1960). *Methods of regional analysis: an introduction to regional science*. The MIT Press : Cambridge.

Itzhak, B, et Torrens, P. M. (2004). *Geosimulation : automata-based modeling of urban phenomena*. Chichester: J.Wiley.

Ihlanfeldt, K.R, Scafidi, B. (2002), «Black self-segregation as a cause of housing segregation : Evidence from the mulit-city study of urbain inequality». *Journal of Urban Economics*, No 51. Pp. 366-439.

Juillet, A. (1971). « Sur la rente foncière urbaine ». *Vie urbaine*. No 4/71. Pp. 235-261

Kaplan, D.H., Holloway, S.R. (1998). *Segregation in Cities*. Washington: Association of American Geographers.

Kirszbaum, T. (2008). *Rénovation urbaine: les leçons américaines*. Paris: PUF.

Kleit, R. G., & Carnegie, N. B. (2011). Integrated or isolated? The impact of public housing redevelopment on social network homophily. *Social Networks*, 33(2), 152–165.

Koch, A. (2011). *Modeling and simulating urban processes*. Wien: Lit.

Korsu, E., Wenglenski, S. (2008). « Accessibilité, environnement social et risques de chômage en région parisienne ». ». In Gaschet, F. & Lacour, C. (dirs). *Métropolisation et ségrégation* (pp.233-262). Pessac : Presses Universitaires de Bordeaux.

Lacour, C. (2008). « La métroségrégation ». In Gaschet, F. & Lacour, C. (dirs). *Métropolisation et ségrégation*. Pessac : Presses Universitaires de Bordeaux.

Le Bars, M. [et alii] (2004). « NECC : un jeu de simulation pour l'aide à la décision collective. Application à une région méditerranéenne « virtuelle » ». *Actes du Séminaire Modernisation de l'Agriculture irriguée*. Disponible sur http://halshs.archives-ouvertes.fr/docs/00/18/97/12/PDF/IV_Lebars.pdf

Legendre, F. (2004). «Micro-simulation et évaluation des politiques économiques et sociale : un panorama des développements récents en France ». *Revue d'Economie Politique*. Vol.114. Pp.17-53.

Le Gales, P. (1995). « Du gouvernement des villes à la gouvernance urbaine ». *Revue française de science politique*, pp. 57-95.

- Le Goix, R. (2006). *Les « gated communities » aux États-Unis. Morceaux de villes ou territoires à part entière ?* Thèse de Doctorat. Paris : Presses Universitaires.
- Lelévrier, C. (2010) « La mixité dans la rénovation urbaine : dispersion ou reconcentration ? ». *Espaces et sociétés*. 2010/1. Pp.59-74
- Levy, F. Segaud, S. (1983). *Anthropologie de l'espace*. Paris : Pompidou.
- Lipietz, A. (1974). *Le tribut foncier urbain*. Paris : Maspero
- Louvot-Runavot, C. (2001). « Le logement dans l'UE : la propriété prend le pas sur la location ». *Economie et statistique*, Vol. 343. Pp.29-59.
- Madoré, F. (2004). *Ségrégation sociale et habitat*. Rennes: Presses Universitaires de Rennes.
- Massey, D., Denton, A. 1988. « The dimensions of Residential Segregation ». *Social Forces*. 67. Pp.281-315
- McKenzie, R. (1921). « Alea jacta est Alea jacta est » In :Grafmeyer, Y., Joseph, I. 1990. *L'école de Chicago* (pp.79-126). Paris : Editions du champ urbain.
- McKenzie, R. (1925). « Alea jacta est Alea jacta est » In :Grafmeyer, Y., Joseph, I. 1990. *L'école de Chicago* (pp.79-126). Paris : Editions du champ urbain.
- Maurin, E. (2004). *Le ghetto français: Enquête sur le séparatisme social*. Paris: Seuil.
- Mignot, D. Aguilera, A, (2004). « Concentration et ségrégation, dynamiques et inscriptions territoriales: Bilan et perspectives ». *Revue d'Économie Régionale et Urbaine*, 5, Pp. 645-652.
- Mignot, D. 2008. « Transports et inégalités ». In Gaschet, F. & Lacour, C. (dirs). *Métropolisation et ségrégation* (pp.205-216). Pessac: Presses Universitaires de Bordeaux.
- Morill, R. L. (1991). « On the Measure of Geographic Segregation ». *Geography Research Forum*. Vol.11. Pp.25-36.
- Morris, A., Jamieson, M., & Patulny, R. (2012). « Is social mixing of tenures a solution for public housing estates? ». *Evidence Base*, 1, 1–21.
- Musolino, M. (2012). *La crise pour les Nuls*. Paris: [S.N.].
- Nagel, K. Schreckenberg, M. (1992). « A cellular automaton model for freeway traffic ». *Journal de Physique*. No.12. Pp. 2221-2229. Disponible sur: <http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/24/66/97/PDF/ajp-jp1v2p2221.pdf>
- Nazim, F. (2001). *Les automates cellulaires: vers une nouvelle épistémologie?* Paris: Sorbone. Disponible sur: <http://nazim.fates.free.fr/Epistemo/MemoireAC/Fates-MemoireDEA-AC-2001.pdf>
- Oberti, M. (2001). « Urbanisme, embourgeoisement et mixité sociale à Paris ». In: *Mouvement*. No.13. Disponible sur: <http://deey.free.fr/documents/Documents%20Gentrification/Embourgeoisement%20Paris%20Oberti.pdf>
- Office fédéral de la statistique (2014), *Logement – Indice de ségrégation spatiale*, disponible sur: <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/themen/01/07/blank/ind43.indicator.43045.430107.html>
- Ourednik, A. (2004). *Site interactif*. Disponible sur: <http://ourednik.info/segregEtrangersCH/>

- Pacione, M. 2008. *Urban geography : a global perspective*. London ; New York: Routledge.
- Park, R.E. (1925). *La ville. Propositions de recherche sur le comportement humain en milieu urbain*. In Grafmeyer, Y., Joseph, I. 1990. *L'école de Chicago* (pp.79-126). Paris: Éditions du champ urbain.
- Park R. E. (1926). *Alea jacta est Alea jacta est* In : Grafmeyer, Y., Joseph, I. 1990. *L'école de Chicago* (pp.79-126). Paris: Éditions du champ urbain.
- Park, R.E. (1952). « Alea Jacta Est Alea Jacta Est ». In: Grafmeyer, Y., Joseph, I. 1990. *L'école de Chicago* (pp.79-126). Paris: Éditions du champ urbain.
- Park, Burgess, McKenzie (1921). « Alea Jacta Est Alea Jacta Est ». In Grafmeyer, Y., Joseph, I. 1990. *L'école de Chicago* (pp.127-144). Paris: Éditions du champ urbain.
- Park, Burgess, McKenzie, 1926 « La croissance de la ville: Introduction à un projet de recherche ». In Grafmeyer, Y., Joseph, I. 1990. *L'école de Chicago* (pp.127-144). Paris: Éditions du champ urbain.
- Parlement européen (1996). *La politique du logement dans les états membres de l'Union Européenne*. Disponible sur: http://www.europarl.europa.eu/workingpapers/soci/w14/text2_fr.htm#4
- Perret, P. (2002). *Indicateurs sociaux, état des lieux et perspectives. Rapport au Conseil de l'emploi, des revenus et de la cohésion sociale (CERC)*. [S.L]: [S.N].
- PALM (2012), *Plan d'agglomération Lausanne-Morges, Rapport 2012*. Disponible sur: <http://www.lausanne-morges.ch/>
- Pichet, E. (2004). *David RICARDO, le premier théoricien de l'économie*. Paris: Les éditions du siècle
- Piguet, E. (2013). *L'immigration en Suisse: soixante ans d'entreouverture*. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes.
- Pincon, M. Pinçon-Charlot, M. (1988). « Représentations de l'espace urbain. Histoires de vie, espaces de vie ». *L'espace géographique*, p.122-130.
- Pinçon, M., & Pinçon-Charlot, M. (1989). *Dans les beaux quartiers*. Paris: Seuil.
- PDL (2013), *Plan Directeur Localisé du quartier des Plaines-du-Loup: Rapport 2013*. Disponible sur: <http://www.lausanne.ch/lausanne-en-bref/lausanne-demain/projet-metamorphose/documents-utiles.html>
- Pouyanne, G. (2008). « L'ambiguïté de l'interaction entre étalement urbain et ségrégation socio-spatiale ». In Gaschet, F. & Lacour, C. (dirs). *Métropolisation et ségrégation* (pp.105-122). Pessac: Presses Universitaires de Bordeaux.
- Préteceille, E. (1995). « Ségrégations urbaines ». In: *Sociétés contemporaines*, pp.5-14.
- Préteceille, E. (2004). « Définir et analyser la ségrégation sociale ». In Buffet F.-N. (et alii) (dir.), *Les mécanismes fonciers de la ségrégation* (pp.9-30). Paris: Association des études foncières (ADEF).
- Pulliat, G. (2007). *Étalement urbain et action publique*. Mémoire de Master. Paris: Université de Paris. Disponible sur: http://www.geographie.ens.fr/IMG/file/Memoires_eleves/PulliatM1.pdf
- Pumain, D. (dir). (2000). *Métropoles en mouvement*. Paris: Anthropos.
- Racine, J.-B. (1986). « Problématique pour une géographie " sociale " des espaces sociaux en Suisse ». In. *Geographica Helvetica*. Disponible sur: <http://www.geogr-helv.net/41/57/1986/gh-41-57-1986.pdf>.

- Rathelot, R. Safi, M. (2013), « Measuring the Effect of the Local Ethnic Composition on Natives' and Immigrants' Geographic Mobility in France. Evidence from Panel Data (1982-1999) », *Notes & Documents*. Paris: Sciences Po/CNRS.
- Reardon, S.F., O'Sullivan, D. 2004. « Measures of spatial segregation ». *Sociological Methodology*. Vol. 34. No. 1. Pp. 121-162.
- Remtoula, J. (2010). *La crise des subprimes: les aspects microéconomiques et macroéconomiques*. Bruxelles: EUE.
- Réat. P. (2006). « Détournement des codes postaux. », *EspacesTemps.net*, publié le 19.06.2006. Disponible sur: <http://www.espacestems.net/articles/detournement-des-codes-postaux/>
- Richardson, H.W. (1977). *The new urban economics*. London: Pion.
- Roederer, B. (2004). « Les paradoxes des représentations et attitudes des Français à l'égard de la mixité urbaine ». In Buffet F.-N. (et alii) (dir.), *Les mécanismes fonciers de la ségrégation*, Paris: Association des études foncières (ADEF).
- Sampson, R. J. (2012). *Great American City: Chicago and the Enduring Neighborhood Effect*. Chicago: Chicago University Press.
- Sanders, L. (1989). *Analyse des données appliquées à la géographie*. Montpellier: Reclus.
- Schelling, T. C. (1971). « Dynamic models of segregation ». *Journal of Mathematical Sociology*. Vol. 1. Pp.143-186.
- Schelling, T.C. (1980). *The strategy of conflict*. London: Harvard University
- Schelling, T.C. (1980). *La Tyrannie des petites décisions*. Paris : PUF.
- Schmitt, C., Pumain, D. (2013). « Modélographie multiagents de la simulation des interactions sociétés-environnement et de l'émergence des villes ». *Cybergeo : European Journal of Geography* [en ligne].
- Séguin, A.-M. (2003). « Les quartiers résidentiels fermés : une forme ségrégative qui menace la cohésion sociale à l'échelle locale dans les villes latino-américaines? », *Développement régional et cohésion sociale*, 47(131), p. 179-199.
- Shevky, E. (1949). *Social areas of Los Angeles*. Berkeley and Los Angeles: University of California Press
- Shevky, W. Bell, W. (1955). *Social area analysis*. Los Angeles: UC.Press.
- Smith, D. (2013). *Urban Ecology*. London: Routledge.
- Stiglitz, J., Sen, A. Fitoussi, J.-P. (2009). *Richesse des nations et bien-être des individus*. Paris: Odile Jacob
- Sui, D.Z. (1998). « GIS-based urban modelling : practices, problems and prospects ». *Geographical Information Science*. Vol.12. No. 7. Pp. 651-671.
- Tabard, N. (1993). « Des quartiers pauvres aux banlieues aisées: une représentation sociale du territoire ». *Économie et Statistique*. No.270. Pp. 5-22.

- Tapadinhas, L (dir.). (2012). *Modélisation urbaine: de la représentation au projet*. Publication de la Direction de la recherche et de l'innovation. Disponible sur: http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Ref-Modelisation_urbaine.pdf
- Theurillat, T. (2013). *Les marchés immobiliers: acteurs, institutions et territoires*. Neuchâtel: Presses universitaires.
- Tiebout, C (1956). « A pure theory of local expenditures ». *The Journal of Political Economy*. Vol. 64. No 5. Pp. 416-424.
- Tobler, W. (1970) « A computer movie simulating urban growth in the Detroit region ». *Economic Geography*, 46(2): 234-240.
- Tovar, E. (2003). « Comment mesurer la ségrégation urbaine? Une contribution économique » , *Cybergeo : European Journal of Geography* [en ligne].22p. Disponible sur: <http://cybergeo.revues.org/24197>
- Trosa, S. (2003). *L'évaluation des politiques publiques*. Disponible sur: http://www.cedip.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/politiques_publices_cle7b1a3a.pdf
- Varian, H. R. (1997). *Introduction à la microéconomie*. Bruxelles: De Boeck.
- Varone, F. Jacob, S. (2004). « Cheminement institutionnel de l'évaluation des politiques publiques en France, en Suisse et aux Pays-Bas (1970-2003). *Politiques et management public*. Vol.22. No 22. Pp.135-152.
- Vignolles, B. (2012). *Logement social, ségrégation spatiale et marchés immobiliers en France*. Paris: [S.N.].
- Ville de Lausanne (2003). *Rapport-préavis No.2003*43 concernant la nouvelle politique communale du logement*.
- Ville de Lausanne (2005). *Préavis No.2005/45 concernant la création de 3'000 nouveaux logements à Lausanne*.
- Ville de Lausanne (2011). *Préavis No.2011/12 concernant le projet de construction de cinq bâtiments*.
- Ville de Lausanne (2012). La situation du marché. Disponible sur: <http://www.lausanne.ch/lausanne-en-bref/lausanne-demain/logement/politique-du-logement/situation-du-marche.html>.
- Von Thünen Johann Heinrich. (1851). *Recherches sur l'influence que le prix des grains, la richesse du sol et les impôts exercent sur les systèmes de culture (traduit de l'allemand par M. Jules Laverrière)*. Paris: Guillaumet et Cie.
- Walter, F.(1994). *La Suisse urbaine, 1750-1950*. Genève: Ed.Zoé
- Wessel, T. (2009). “ Does diversity in urban space enhance intergroup contact and tolerance? ”. *Swedish Society for Anthropology and Geographie*. Vol 91. Pp. 5-17.
- White, M.J. (1986). “ Segregation and Diversity Measures in Population Distribution ”. *Population Index*, Vol. 52. No. 2 (Summer, 1986). Pp. 198-221.
- Wong D.W.S. (1993). “ Spatial Indices of Segregation ”. *Urban Studies*, 30 (3), pp. 559-572.
- Wong D.W.S. (1996). “ Enhancing segregation studies using GIS ”. *Computers, environment and urban systems*. Vol. 20. Pp. 99-109.

- Wong, D.W.S. (1997). " Spatial dependency of segregation indices ". *The Canadian Geographer*. Vol 31. No. 2. Pp. 128-136.
- Wong D.W.S. (1998a), " Measuring multiethnic spatial segregation ". *Urban Geography* 19 (1), pp. 77-87.
- Wong D.W.S. (1998 b). " Using spatial segregation measures in GIS and Statistical modeling packages ". *Urban Geography*, 19 (5), pp. 477-485.
- Wong, D.W.S. (2003). " Implementing spatial segregation measures in GIS ". *Computers, environment and urban systems*. Vol. 27. Pp. 53-70.
- Wu, C. Murray, A.T. (2005). « Optimizing public transit quality and system access: the multiple-route, maximal covering/shortest-path problem ". *Environment and Planning B: Planning and Design*. Vol. 32. Pp.163-178.
- Wu F., Martin D. (2002). " Urban expansion simulation of Southeast England using population surface modelling and cellular automata ". *Environment and Planning A*. Vol.34. Pp.1855-1876.
- Yan Liu (2009). *Modelling Urban Development with Geographical Information Systems and Cellular Automata*. CRC Press.
- Yu, D., Wei, Y.D., Wu, C. (2007). " Modeling spatial dimensions of housing prices in Milwaukee, WI ". *Environment and Planning B: Planning and Design*. Vol.34. Pp.1085-1102.
- Zoller, H.G. (1988). " L'espace résidentiel et le prix du logement ". In Ponsard, C. (dir.). *Analyse économique spatiale*. Paris: PUF. Pp 59-92.
- Yi-Fu Tuan. (1977). *Space and place : the perspective of experience*. London: E.Arnold.

Table des figures

Figure 1.1 :	Les territoires des marchés immobiliers.....	32
Figure 1.2 :	Jeu d'acteurs des marchés fonciers	32
Figure 3.1:	Les quatre étapes de la mise en place du modèle	49
Figure 3.2 :	Les cinq grandes catégories d'analyse de la ségrégation selon Massey et Denton	51
Figure 3.3 :	Trois distributions avec respectivement une dissymétrie positive, nulle et négative	53
Figure 3.4 :	Histogramme montrant un coefficient de dissymétrie légèrement positif (0.916), indiquant un taux de ségrégation relativement bas.....	53
Figure 3.5 :	Exemple d'un phénomène (densité résidentielle dans les quartiers lausannois) dont l'autocorrélation spatiale a une valeur positive (I de Moran de 0.38).....	55
Figure 3.6 :	Automate cellulaire : une distribution aléatoire de trois valeurs	56
Figure 3.7 :	Automate cellulaire : une répartition des trois valeurs suivant des règles restrictives de proximité.....	56
Figure 3.7 :	Système multi-agents : répartition aléatoire de trois catégories	57
Figure 3.9:	Système multi-agents : Répartition des trois catégories d'agents selon des règles restrictives de proximité.....	57
Figure 3.10 :	Le modèle de simulation couplant automate cellulaire et système multi-agents : caractéristiques des entités et règles d'interaction.....	58
Figure 3.11 :	Exemple d'un agent dans le modèle de simulation.....	59
Figure 3.12 :	Exemple d'une cellule dans le modèle de simulation.....	60
Figure 3.13 :	Vue générale du modèle	61
Figure 3.14 :	Déroulement d'une itération de la simulation.....	65
Figure 3.15:	Les paramètres « distance de tolérance » et « distance d'influence ».....	66
Figure 4.1:	Les espaces métropolitains en Suisse	70
Figure 4.2:	L'agglomération lausannoise.....	71
Figure 4.3:	Évolution démographique de la commune de Lausanne, 1980-2012.....	72
Figure 4.4:	Zone et quartiers statistiques de Lausanne.....	76
Figure 4.5:	Pourcentage de travailleurs non qualifiés par quartier.....	78
Figure 4.6:	Pourcentage d'ouvriers par quartier.....	79

Figure 4.7:	Corrélation entre les effectifs d'ouvriers et de travailleurs non qualifiés.....	79
Figure 4.8:	Pourcentage de chaque classe sociale par quartier	84
Figure 4.9:	Tableau de fréquence des taux d'habitants selon leur classe sociale.....	85
Figure 4.10:	LISA par quartier.....	87
Figure 4.11:	Quotient de localisation par quartier et pour les trois classes sociales.....	89
Figure 4.12:	Loyers moyens par quartier observés en 2000.....	90
Figure 4.13:	Loyers moyens par quartier obtenus avec les simulations.....	91
Figure 4.14:	Plan du projet de quartier des Plaines-du-Loup	93
Figure 5.1:	Arbre des scénarios.....	97
Figure 5.2 :	Taux de satisfaction et loyer moyen pour chaque scénario	99
Figure.5.3 :	Taux de satisfaction des différents scénarios (ordre décroissant).....	100
Figure 6.1 :	Combinaison de paramètres (scénario A).....	109
Figure 6.2:	Résultat des simulations (scénario A).....	110
Figure 6.3:	Pourcentage de chaque classe sociale par quartier (scénario A).....	112
Figure 6.4:	Fréquence des taux de concentration (scénario A).....	113
Figure 6.5:	LISA par quartier (scénario A).....	115
Figure 6.6:	Quotients de localisation des classes sociales (scénario A).....	117
Figure 6.7:	Loyer moyen par quartier (scénario A).....	118
Figure 6.8:	Combinaison de paramètres (scénario B).....	120
Figure 6.9:	Résultat des simulations (scénario B).....	121
Figure 6.10:	Pourcentage de chaque classe sociale par quartier (scénario B).....	123
Figure 6.11:	Fréquence des taux de concentration (scénario B).....	124
Figure 6.12:	LISA par quartier (scénario B).....	126
Figure 6.13:	Quotients de localisation des classes sociales (scénario B).....	128
Figure 6.14:	Loyer moyen par quartier (scénario B).....	129
Figure 6.15:	Combinaison de paramètres (scénario C).....	131
Figure 6.16:	Résultat des simulations (scénario C).....	132
Figure 6.17:	Pourcentage de chaque classe sociale par quartier (scénario C).....	134
Figure 6.18:	Fréquence des taux de concentration (scénario C).....	135

Figure 6.19: LISA par quartier (scénario C).....	137
Figure 6.20: Quotients de localisation des classes sociales (scénario C).....	139
Figure 6.21: Loyer moyen par quartier (scénario C).....	141
Figure 6.22: Quintiles des loyers moyens par quartier (scénario C).....	142
Figure 6.23: Loyers moyens (en LOG*) classés dans l'ordre croissant (scénario C).....	143
Figure 6.24: Combinaison de paramètres (scénario D).....	144
Figure 6.25: Résultat des simulations (scénario D).....	145
Figure 6.26: Comparaison des fréquences des taux de concentrations de la classe inférieure (scénario D).....	146
Figure 6.27: Comparaison des fréquences des taux de concentrations de la classe moyenne (scénario D).....	146
Figure 6.28: Comparaison des fréquences des taux de concentrations de la classe supérieure (scénario D).....	146
Figure 6.29: Pourcentage de chaque classe sociale par quartier (scénario D).....	147
Figure 6.30: LISA par quartier (scénario D).....	150
Figure 6.31: Quotients de localisation (scénario D).....	151
Figure 6.32: Loyer moyen par quartier (scénario D).....	152
Figure 6.33: Combinaison de paramètres (scénario E).....	153
Figure 6.34: Résultat de la simulation (scénario E).....	154
Figure 6.35: Pourcentage de chaque classe sociale par quartier (scénario E).....	155
Figure 6.36: Fréquence des taux de concentration (scénario E).....	156
Figure 6.37: LISA par quartier (scénario E).....	158
Figure 6.38: Quotients de localisation (scénario E).....	159
Figure 6.39 : Loyer moyen par quartier (scénario E).....	160

Table des tableaux

Tableau 1.1:	Les trois notions de l'identité et leurs composantes principales	16
Tableau 4.1:	Habitants et emplois dans l'agglomération lausannoise et le canton de Vaud	71
Tableau 4.2:	Nombre de ménages et nombre de personnes selon la taille du ménage	77
Tableau 4.3:	Tableau de corrélation des classes socioprofessionnelles.....	79
Tableau 4.4:	Effectifs des classes socioprofessionnelles, agrégation et part de chaque classe sociale.....	80
Tableau 4.5:	Adéquation entre les données observées et les effectifs requis pour un quartier.....	81
Tableau 4.6:	Solution proposée par l'algorithme pour générer un nombre d'appartements et de pièces.....	81
Tableau 4.7:	Coefficient d'asymétrie pour les trois classes sociales à Lausanne.....	85
Tableau 4.8:	Autocorrélation spatiale (I de Moran) pour les trois classes sociales à Lausanne en 2013.....	86
Tableau 4.9:	Part d'appartements selon le nombre de pièces.....	94
Tableau 4.10:	Loyers mensuels moyens à Lausanne et estimations des loyers subventionnés.....	95
Tableau 4.11:	Estimations des loyers contrôlés.....	95
Tableau 4.12:	Loyers moyens selon le nombre de pièces pour des logements construits entre 2001 et 2012.....	96
Tableau 4.13:	Nombre d'appartements et loyer moyen selon le nombre de pièces et le type.....	96
Tableau 5.1:	Tri des scénarios selon le loyer moyen observé.....	100
Tableau 5.2 :	Tri des taux de satisfaction (avec degré de tolérance à 0.6).....	101
Tableau 5.3 :	Paramètres et valeurs.....	103
Tableau 6.1:	Taux de concentration médian (scénarios 82 et 262).....	111
Tableau 6.2:	Coefficient d'asymétrie (scénarios 82 et 262).....	114
Tableau 6.3:	Autocorrélation spatiale globale des taux de concentrations (scénarios 82 et 262)....	114
Tableau 6.4:	Loyer moyen avant et après simulation (scénarios 82 et 262).....	119

Tableau 6.5	Autocorrélation globale des loyers moyens par quartier (scénarios 82 et 262).....	119
Tableau 6.6:	Taux de concentration médian (scénarios 71 et 251).....	122
Tableau 6.7:	Coefficient d'asymétrie (scénarios 71 et 251).....	125
Tableau 6.8:	Autocorrélation spatiale globale (scénarios 71 et 251).....	125
Tableau 6.9:	Autocorrélation globale des loyers moyens par quartier (scénarios 71 et 251).....	127
Tableau 6.10:	Loyer moyen avant et après simulation (scénarios 71 et 251).....	130
Tableau 6.11:	Taux de concentration médian (scénarios 169 et 349).....	133
Tableau 6.12:	Coefficient d'asymétrie (scénarios 169 et 349).....	136
Tableau 6.13:	Autocorrélation spatiale globale des taux de concentrations (scénarios 169 et 349)...	136
Tableau 6.14:	Loyer moyen et médian avant et après les simulations (scénarios 169 et 349).....	140
Tableau 6.15:	Autocorrélation globale des loyers moyens par quartier (scénarios 169 et 349).....	142
Tableau 6.16:	Taux de concentration médian (scénarios 73 et 253).....	148
Tableau 6.17:	Coefficient d'asymétrie (scénarios 73 et 253).....	148
Tableau 6.18:	Autocorrélation spatiale globale des taux de concentrations (scénarios 73 et 253).....	148
Tableau 6.19:	Autocorrélation globale des loyers moyens par quartier (scénarios 73 et 253).....	152
Tableau 6.20:	Coefficient d'asymétrie (scénario 84).....	156
Tableau 6.21:	Autocorrélation spatiale globale des taux de concentrations (scénario 84).....	156
Tableau 6.22:	Autocorrélation des loyers moyens par quartier (scénario 84).....	160
Tableau 6.23:	Satisfaction et nombre de ménages selon la classe (scénario 84).....	161
Tableau 6.24:	Comparaisons entre les scénarios (résultats et principaux effets du projet des Plaines-du-Loup).....	163
Tableau 6.25:	Récapitulatif des différents scénarios, de leurs paramètres et des résultats des indicateurs.....	164