Problèmes cartographiques et symbologie

Auteurs : Mathieu Strale & Maëlle Vercauteren Drubbel (IGEAT/ULB)

Après avoir parcouru et compris les avantages, inconvénients et capacités des différentes variables visuelles (cf.document pdf s'y rapportant), il s'agit d'**utiliser ces variables pour la représentation de problèmes cartographiques**.

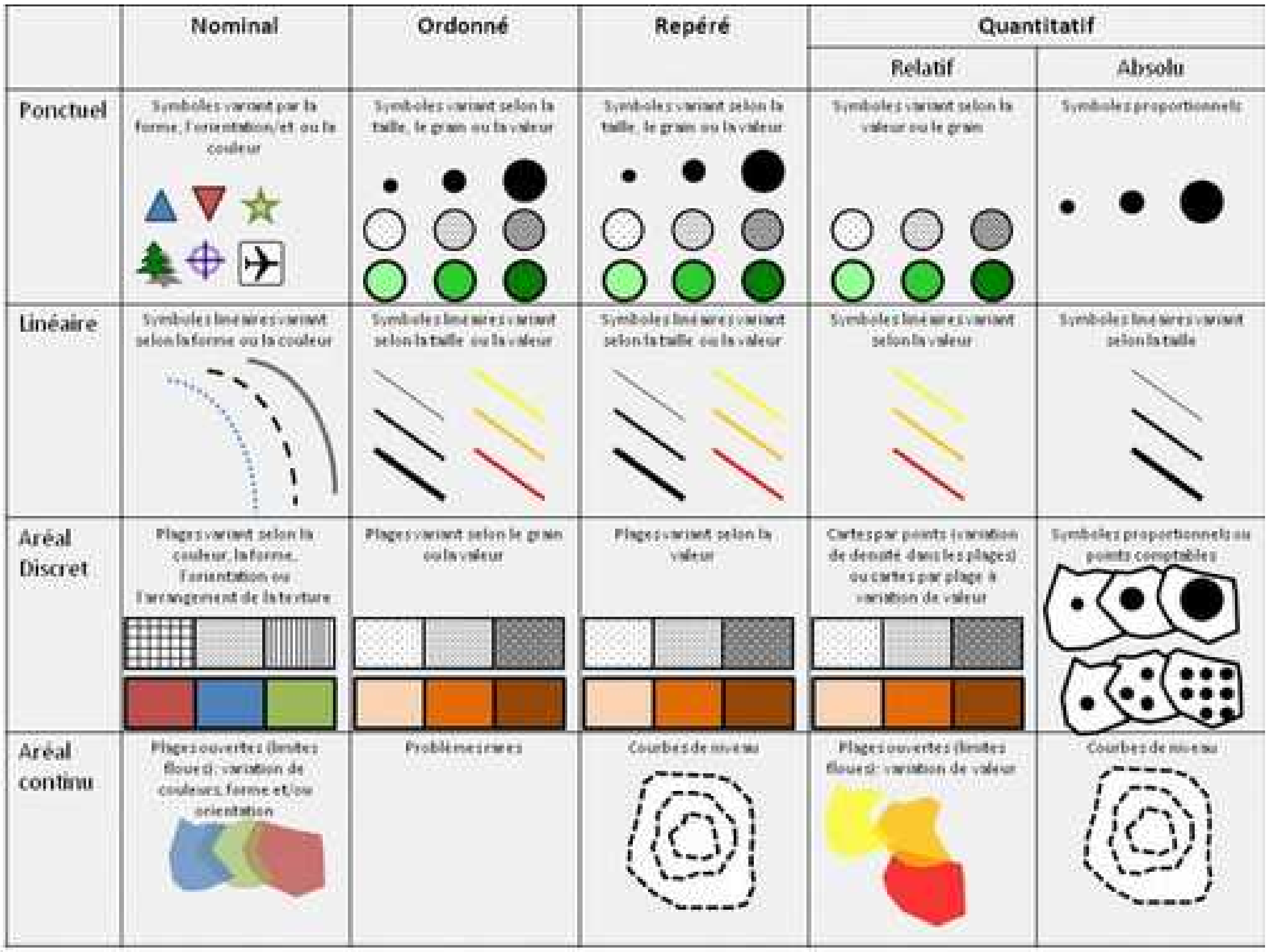
Pour rappel, ces derniers peuvent avoir quatre types de **propriétés mathématiques** : nominal, ordonné, repéré ou quantitatif ; et trois types de **propriétés géométriques**: ponctuel, linéaire ou aréal.

Le tableau suivant présente des exemples de problèmes cartographiques selon leurs propriétés mathématiques et géométriques

	Ponctuel	Linéaire		Aréal	
		Discret	Continu	Discret	Continu
Nominal	*types d'industries *types de villes selon leurs fonctions	*régime des cours d'eau *nature du revêtement routier	*état instantané des encombrements routiers un jour de départ en vacances	*affectation des parcelles agricoles *extension des forêts *nature lithologique du sous-sol	*diffusion d'un journal *zones d'influence des villes *extension de végétaux-types (olivier, palmier)
Ordonné	*niveau des villes dans la hiérarchie urbaine *standing des commerces	*classes des routes	*risques d'encombrement du réseau routier (fort, moyen, faible)	*position du parti politique dominant *degré de priorité du remembrement	*degré de dépendance par rapport à une ville
Repéré	*monuments remarquables selon leur époque	*dates de tracé de la voirie	*itinéraires datés d'explorateurs	*dates de poldérisation *âge géologique des terrains *date d'entrée des pays dans la CE	*extension du front pionnier aux EU *températures moyennes *limites de la banquise à différents moments de l'année
Quantitatif	*part de pondéreux dans le trafic de ports *nombre d'actifs de villes	*nombre moyen journalier d'appels téléphoniques entre villes *gabarit des canaux *nombre de commerces par face de rue	*débit de cours d'eau *vitesse moyenne enregistrée sur le réseau routier *tirant d'eau de cours d'eau navigables	*part d'herbages dans la surface agricole *densité de population *taux de natalité *tumeurs au cerveau pour 100 000 habitants	*potentiel de population *précipitations *amplitudes thermiques

Tableau 1. Exemples de problématiques cartographiques en fonction des différentes combinaisons de propriétés mathématiques et géométriques (Anaspa,4)

À chaque combinaison de propriétés mathématiques et géométriques correspond une ou plusieurs solutions de représentation. Celles-ci sont toutes synthétisées dans le tableau 2 suivant.



	Nominal	Ordonné	Repéré	Quantitatif	
				Relatif	Absolu
Ponctuel	Symboles variant par la forme, l'orientation/et ou la couleur	Symboles variant selon la taille, le grain ou la valeur	Symboles variant selon la taille, le grain ou la valeur	Symboles variant selon la valeur ou le grain	Symboles proportionnels
Linéaire	Symboles linéaires variant selon la forme ou la couleur	Symboles linéaires variant selon la taille ou la valeur	Symboles linéaires variant selon la taille ou la valeur	Symboles linéaires variant selon la valeur	Symboles linéaires variant selon la taille
Aréal Discret	Plages variant selon la couleur, la forme, l'orientation ou l'arrangement de la texture	Plages variant selon le grain ou la valeur	Plages variant selon la valeur	Cartes par points (variation de densité dans les plages) ou cartes par plage à variation de valeur	Symboles proportionnels ou points comptables
Aréal continu	Plages ouvertes (limites floues) : variation de couleurs, forme et/ou orientation	Problèmes rares	Courbes de niveau	Plages ouvertes (limites floues) : variation de valeur	Courbes de niveau

Tableau 2. Synthèse des symbologies correctes en fonction des propriétés mathématiques et géométriques des variables

Chacune de ces solutions sont expliquées et détaillées**.**

1 <u>Les problèmes nominaux</u>

Pour rappel, les **problèmes** **<u>nominaux</u>** n'ont aucune propriété mathématique. Les lieux ont, ou n'ont pas, certains caractères. Ces caractères ne sont pas ordonnés ; ils peuvent être numérotés, mais seulement de façon conventionnelle. Seule l'identité a du sens, mais aucune opération mathématique ou de classement n'a de sens.

Exemples : types d'infrastructure touristique, d'industries, affectations du plan de secteur, régime de cours d'eau, divisions administratives, …

Dès lors, **les propriétés visuelles recherchées** lors de la représentation cartographique de variables nominales sont **l'associativité**, c'est-à-dire que chacun des symboles ponctuels, linéaires ou aéraux doit avoir une visibilité égale, que la symbolisation ne doit pas induire une idée de hiérarchie, et la **sélectivité**, c'est-à-dire la possibilité d'isoler aisément visuellement une catégorie représentée.

Les variables visuelles répondant à ces paramètres sont la **couleur**, l'**orientation**, le **grain** et la **forme.**

Bien sûr, une représentation correcte implique également de **choisir le nombre de catégories** que l'on souhaite conserver pour maintenir une bonne visibilité et éventuellement de **classer les données.** Ceci implique éventuellement de perdre une partie de l'information au bénéfice d'une bonne lisibilité.

1.1 Les problèmes ponctuels et nominaux

Ainsi, les problèmes **ponctuels et nominaux** doivent être représentés par des symboles, dont la **forme**, la **couleur** ou l'**orientation** change.

Exemple : Localisation des hôpitaux et casernes de pompiers, localisation de parkings, localisation de magasins

Le grain ne peut être utilisé, car les changements seront peu visibles d'un symbole à un autre. De même, des changements de taille ou de valeur induiraient une hiérarchie inutile et incorrecte pour traiter ce type de problème.

La figure 1 (ci-contre) illustre un problème nominal, les différentes catégories d'artistes n'ont pas de valeur mathématique, et ponctuelle, les artistes sont représentés par des points à leur adresse. L'auteur choisit de faire varier la forme et la couleur pour les représenter.

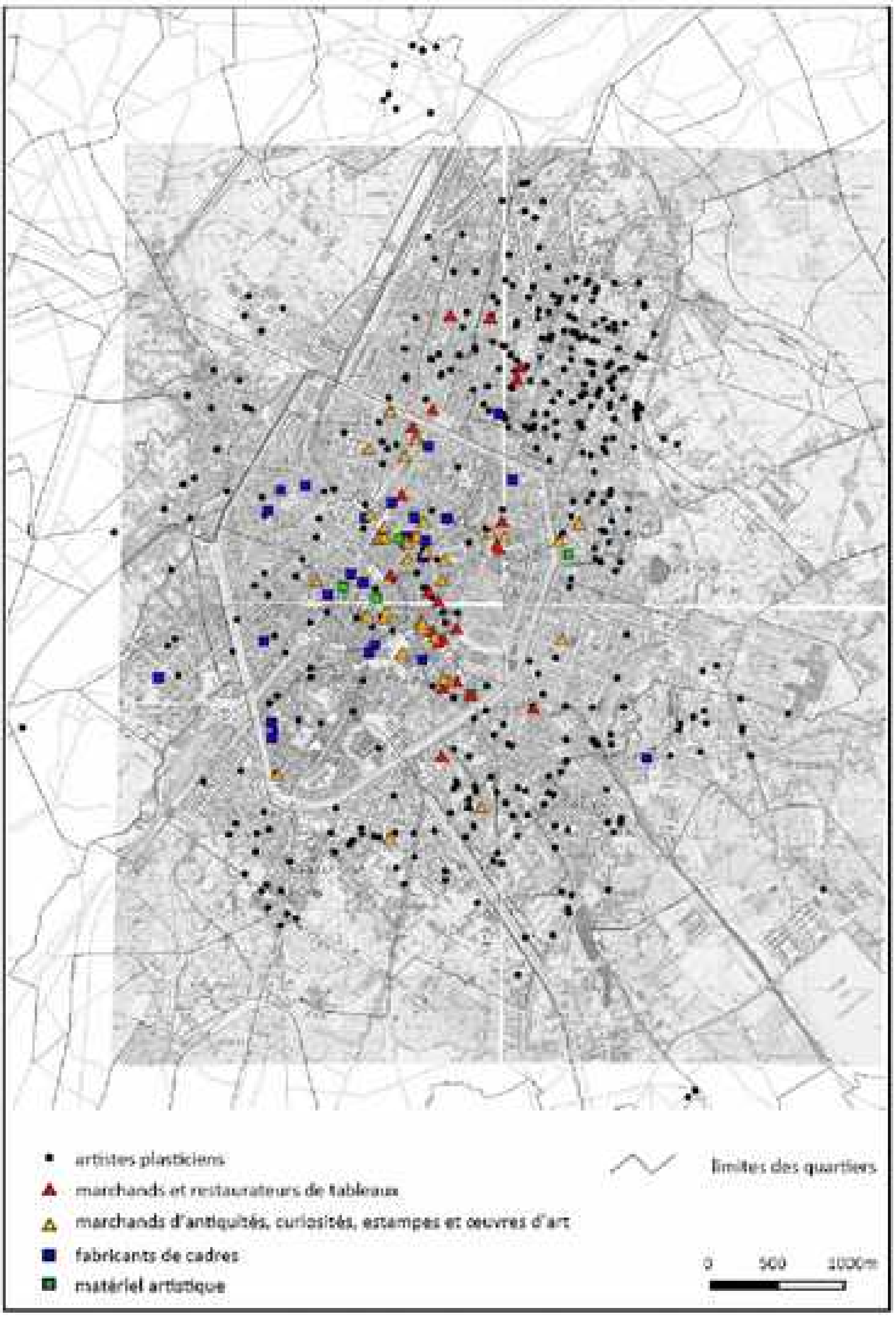


Figure 1 : Localisation des artistes à Bruxelles (Debroux, 2012)

1.2 Les problèmes linéaires et nominaux

De même, les problèmes linéaires **et nominaux** doivent être représentés par des symboles, dont la **forme,** ou la **couleur** change.
Exemple : tracé de différents réseaux de transport, liaisons maritimes et aériennes,...
Par contre, ni la taille ni la valeur ne peuvent être utilisées, car ils induiraient une hiérarchie entre les éléments représentés sans que cela soit justifié.

La figure 2 illustre un problème linéaire (les lignes aériennes sont figurées par des traits), et nominal (il n'y a pas de hiérarchie ou d'ordre entre les fermetures et ouvertures). L'auteur choisit de différencier les ouvertures et fermetures de lignes par des traits de couleur différente, mais de valeur et de taille égale. Par ailleurs, l'auteur choisit le rouge pour les fermetures, couleur associée à des phénomènes négatifs et au signal « stop », alors que les ouvertures sont représentées en vert, couleur associé au départ dans la signalisation routière.

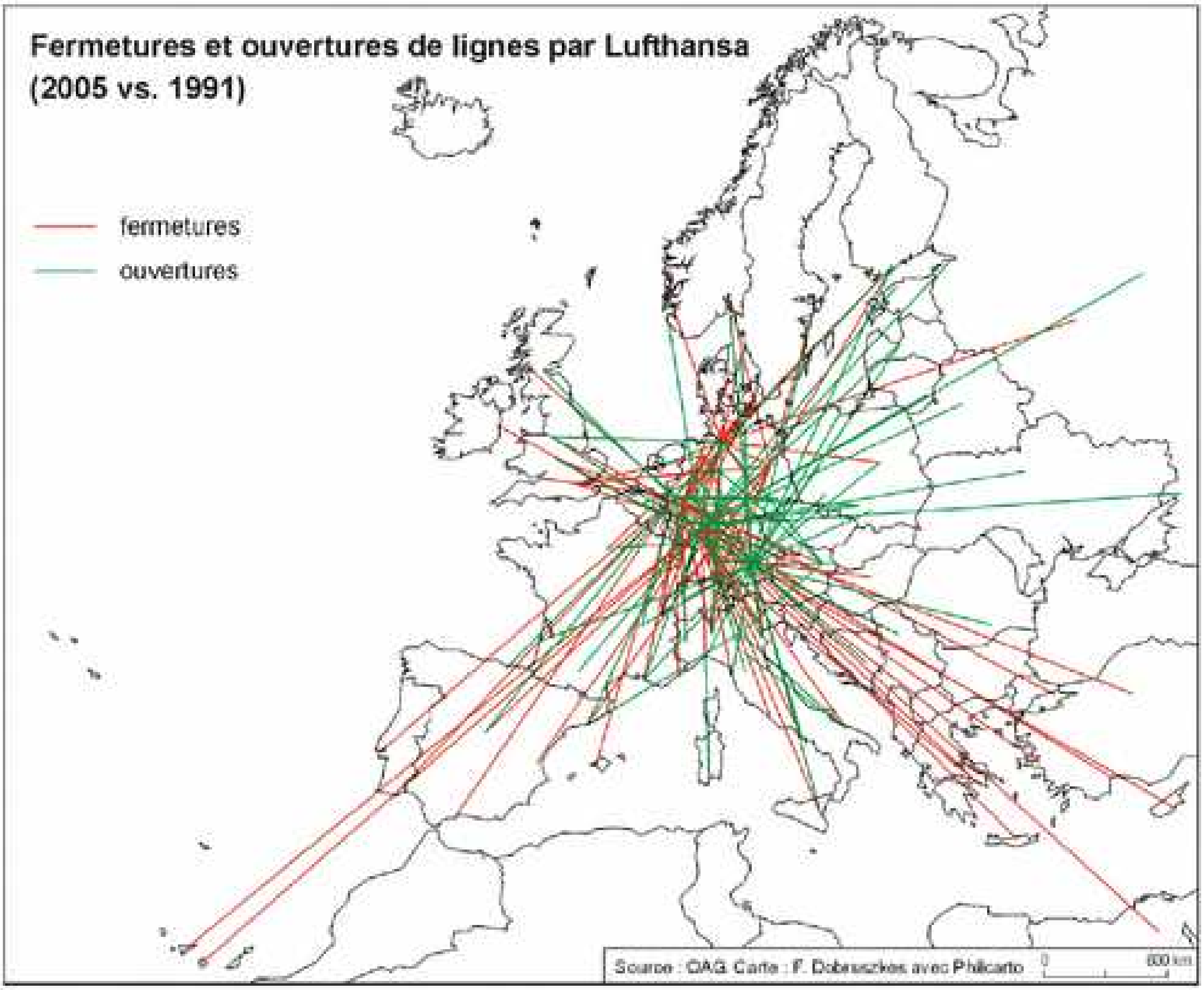


Figure 2. Les fermetures et ouvertures de lignes aériennes par la compagnie Lufthansa entre 1991 et 2005 (Dobruszkes, 2006)

1.3 Les problèmes aréaux, discrets et nominaux

Dans une logique similaire, les problèmes aréaux, discrets **et nominaux** doivent être représentés par des symboles, dont la **trame,** ou la **couleur** change.
Exemple : carte des pays européens, carte des langues parlées par région, ...

Par contre, la valeur ou des trames de densité croissante ne peuvent être utilisées, car cela induirait une hiérarchie entre les éléments représentés sans que cela soit justifié.

Dans ce premier exemple de carte (figure 3, ci-dessous), il s'agit d'un problème aéral, (l'auteur représente les commerces par leur surface au sol), discret (les contours sont clairement délimités, il n'y a pas de transition), et nominal (il n'y a pas de propriétés mathématiques, ni de hiérarchie différenciant les commerces). L'auteur choisit de faire varier la couleur sans faire varier la valeur. En outre, le choix du gris pour les espaces non commerciaux, qui est une teinte plus faible que les autres couleurs, fait ressortir les commerces, c'est-à-dire le thème de la carte.

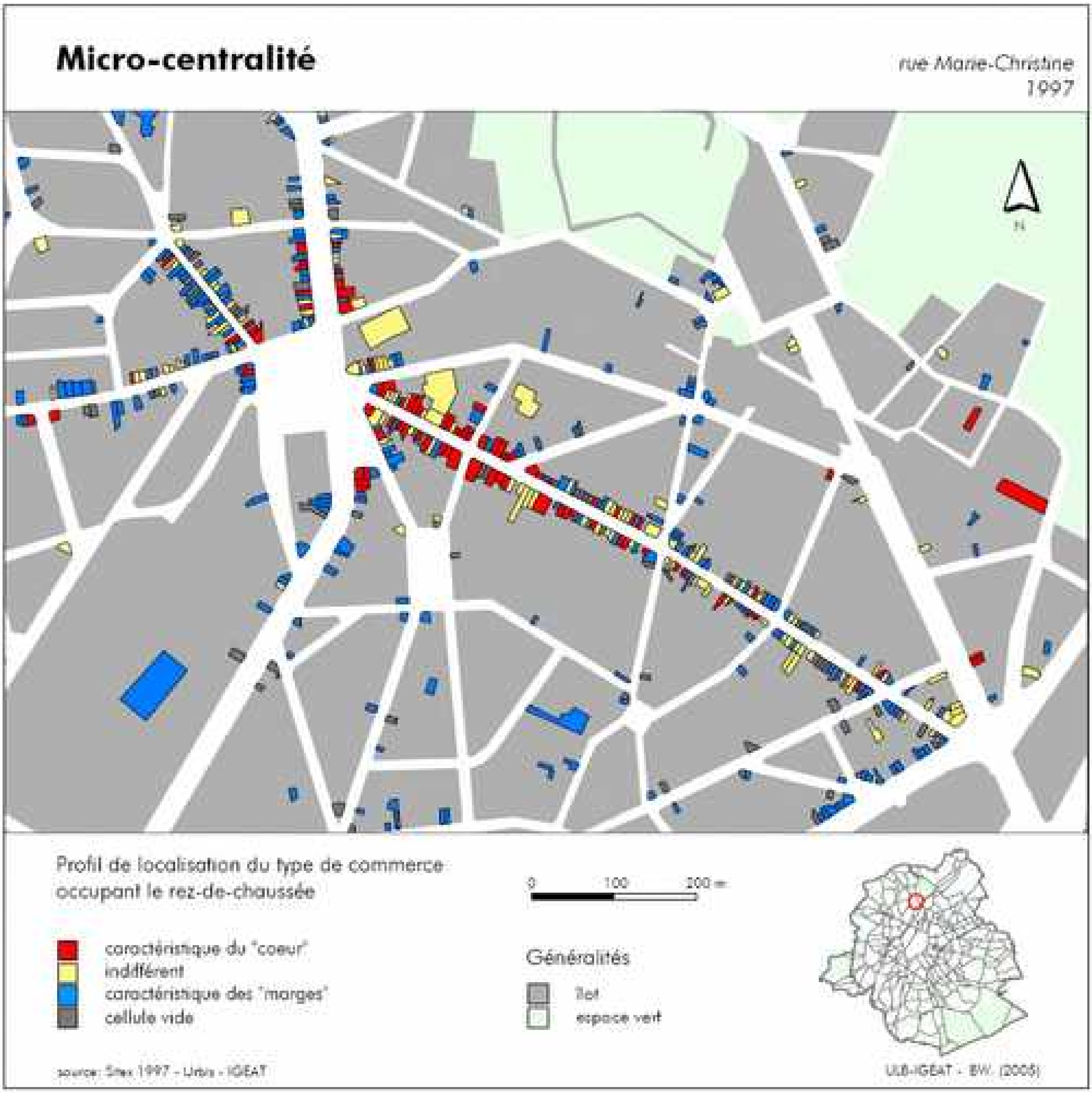


Figure 3. La typologie des commerces à Bruxelles (Wayens, 2006)

Dans ce deuxième exemple de carte (figure 4, ci-dessous), il s'agit d'un problème aéral, puisque la typologie est menée au niveau des régions, et nominal (il n'y a pas de propriétés mathématiques qui différencient les cultures politiques). L'auteur choisit de faire varier la couleur et la trame sans utiliser la valeur. Le fait de faire varier ces deux variables lui permet en outre de superposer deux couches d'informations pour un même lieu tout en conservant l'associativité et la lisibilité du document.

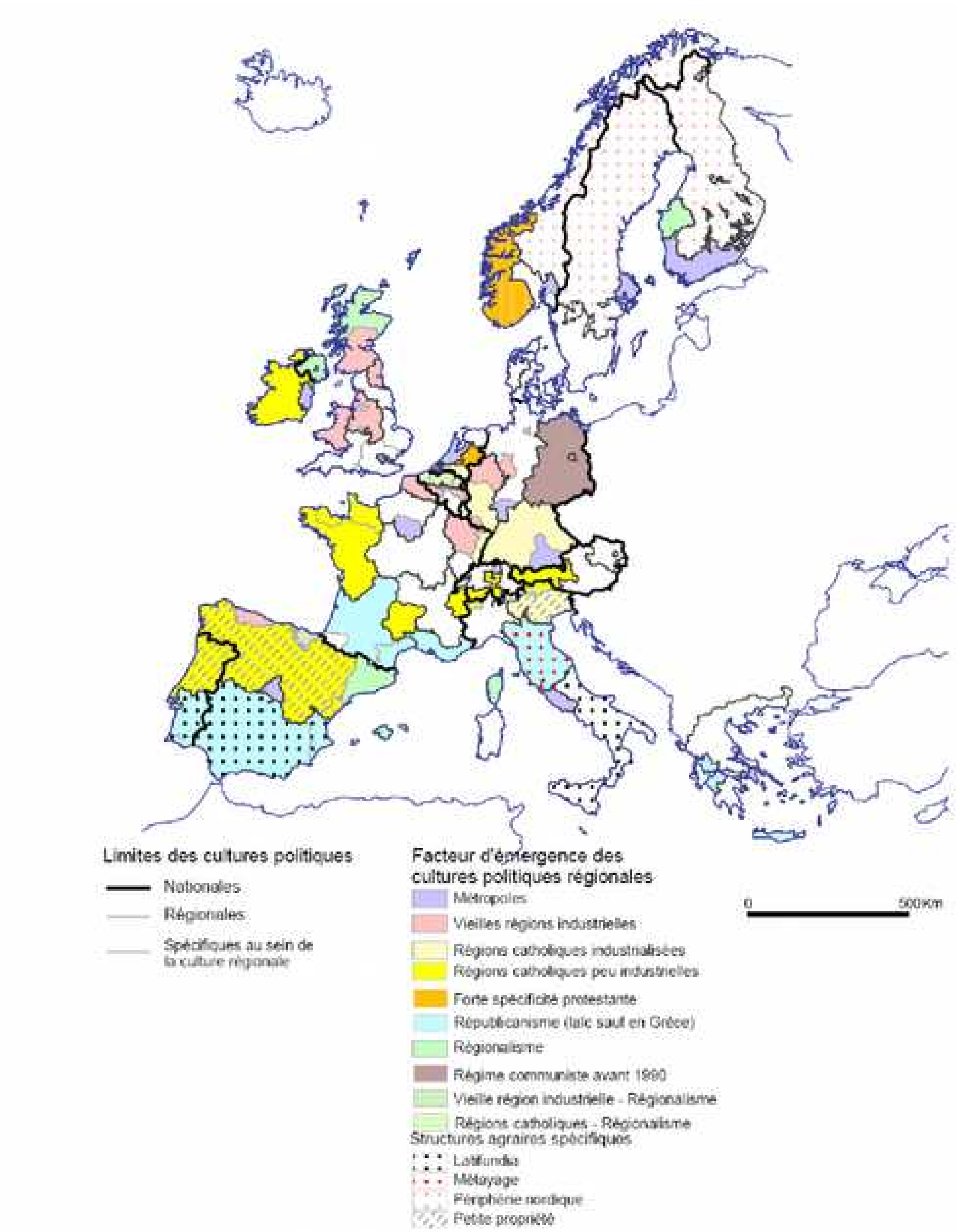


Figure 4. La typologie régionale européenne des cultures politiques (Van Hamme, 2009)

1.4 Les problèmes aréaux, continus et nominaux

Dans une logique similaire, les problèmes aréaux, continus **et nominaux** doivent être représentées par des symboles dont la **trame** ou la **couleur** change, mais dont les limites sont floues et peuvent se superposer. En effet, les valeurs sont établies de proche en proche, à partir de sondages ponctuels.

Exemples : répartition géographique de différentes races d'animaux ou variétés de plantes, géographie de phénomènes épidémiques, utilisation du sol établie par sondage et extrapolation.
Comme dans les cas précédents, l'objectif est de ne pas laisser apparaitre de hiérarchie entre les catégories d'éléments cartographiés. Ceci implique d'éviter de faire varier la valeur ou la densité de la trame.

2 Les problèmes ordonnés

Pour rappel, les variables ordonnées ont une propriété mathématique : **l'ordre**. Les lieux ont certains caractères qui permettent de les ordonner. Les opérations de classement (>, < ou =) ont du sens.

Exemples : classe des routes, niveau des villes dans la hiérarchie urbaine, …

Dès lors, les propriétés visuelles recherchées lors de la représentation cartographique de variables ordonnées sont la **sélectivité**, c'est-à-dire que chacune des catégories représentées doit pouvoir être distinguée aisément, et **l'ordre**, c'est-à-dire que la représentation choisie induit une hiérarchie implicite entre les catégories.

Par contre, l'associativité n'est pas recherchée, car contradictoire avec la recherche d'ordre et la proportionnalité n'est pas non plus voulue, car il n'y a pas de rapport mathématique entre les catégories, mais seulement une hiérarchie.

En conséquence, les problèmes ordonnés se représentent en faisant varier la **valeur**, le **grain** ou la **taille**. La couleur, la forme ou l'orientation ne sont utilisées qu'en association avec la valeur ou le grain.

Un problème quantitatif (ou repéré) est souvent réduit en catégories hiérarchisées pour faciliter la lecture de la carte ; il devient alors un problème ordonné ; ce faisant on perd une partie de l'information. Il s'agit d'un choix du cartographe que de trouver le bon équilibre entre la perte d'information et la lisibilité.

2.1 Les problèmes ponctuels et ordonnés

Ainsi, les problèmes **ponctuels et ordonnés** doivent être représentés par des symboles ponctuels dont la **taille**, la **valeur** ou le **grain** changent, pour rendre perceptible une hiérarchie entre les catégories représentées.
Exemple : hiérarchie de villes, hiérarchie de gares ou d'aéroports en fonction de leur importance dans un réseau.

Dans la figure 5 (ci-dessous), il existe trois catégories de villes d'importance croissante : gamma, beta et alpha. L'auteur choisit de représenter cette hiérarchie de villes en faisant varier la forme et la taille des symboles pour suggérer le classement et l'importance croissante des catégories.

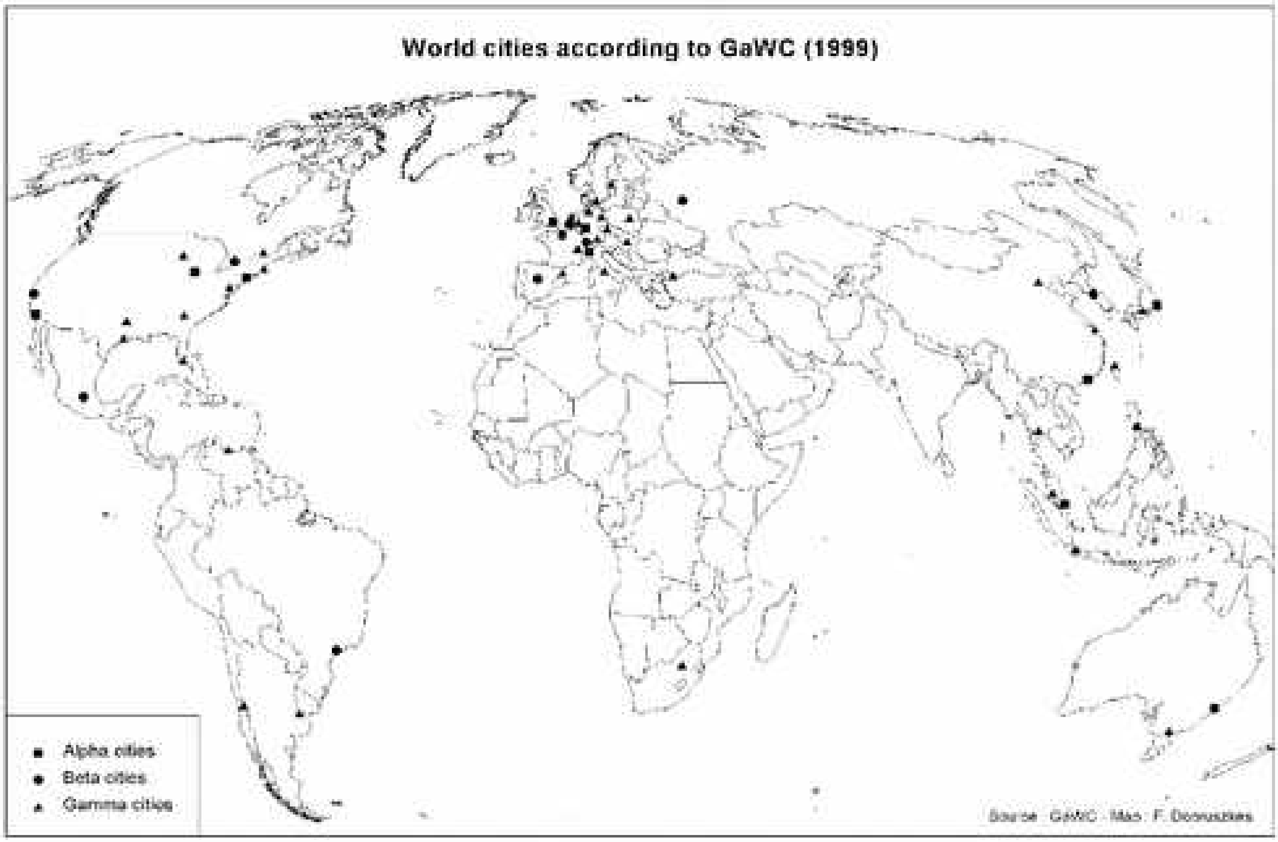


Figure 5. Hiérarchie des villes mondiales en 1999 selon le Globalization and World Cities research group (Dobruszkes, 2006)

2.2 Les problèmes linéaires et ordonnés

De même, les problèmes **linéaires et ordonnés** doivent être représentés par des symboles, dont la taille, ou la **valeur** change, afin d'induire une hiérarchie entre les catégories représentées.

Exemple : hiérarchie de routes ou d'autres réseaux de transport, hiérarchie de liaisons commerciale en fonction de leur importance stratégique.

Dans la figure 6 (ci-dessous), l'auteur représente les rues commerçantes comme des linéaires de magasins bordant la voirie, faisant le choix d'une représentation linéaire. L'auteur établit une hiérarchie des rues commerçantes en fonction de l'exigence des enseignes et différencie les enseignes exigeantes, les magasins microcentraux et les enseignes spécialisées et horeca. La hiérarchie entre ces catégories est induite par une variation de la couleur et de la valeur. La progression part de couleurs froides (bleu et vert) et ayant une valeur faible, et évolue vers des couleurs chaudes et plus vives, en allant jusqu'au rouge.

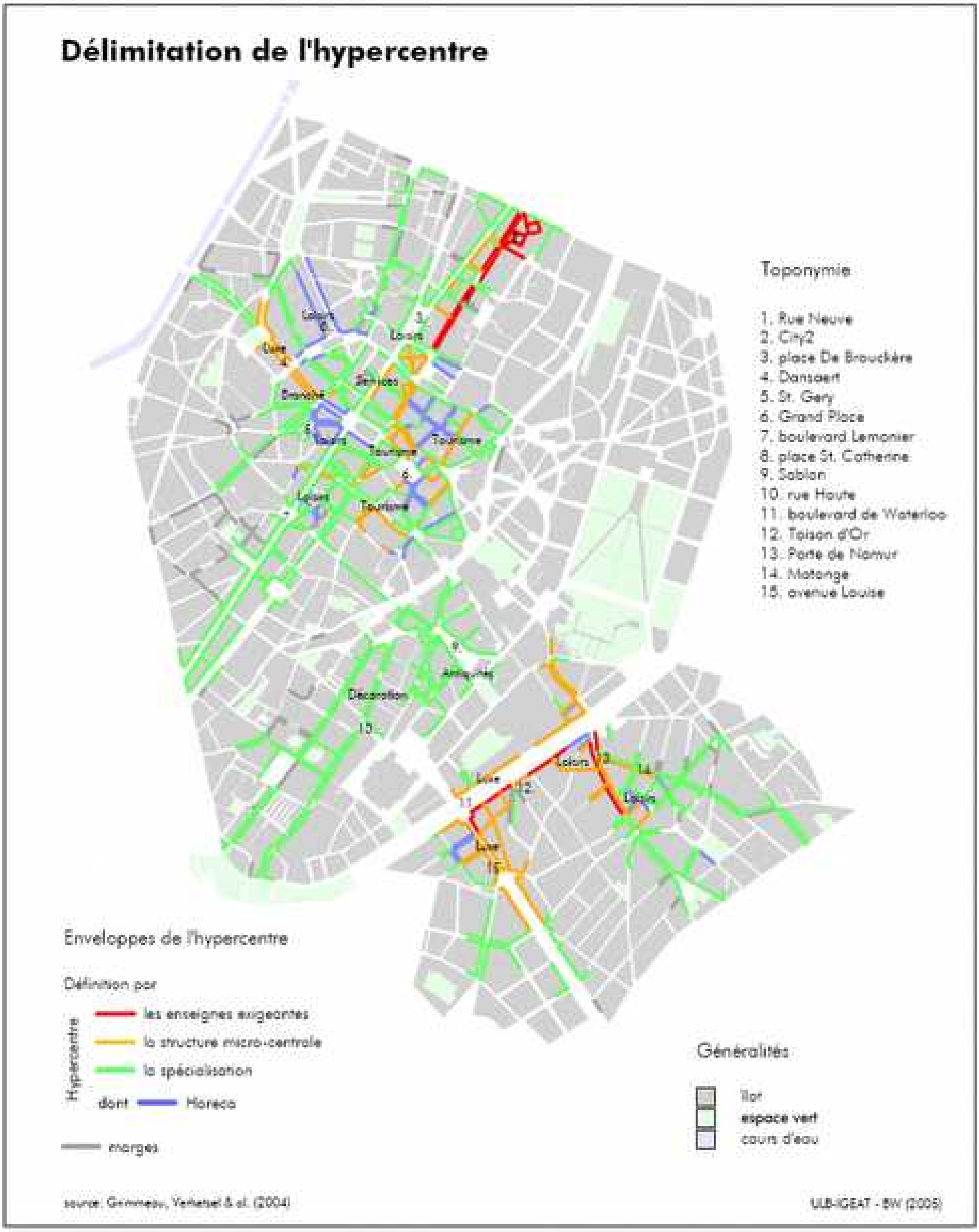


Figure 6. Délimitation de l'hypercentre commercial de Bruxelles sur base d'un classement des rues commerçantes (Wayens, 2006)

2.3 Les problèmes aréaux, discrets et ordonnés

Dans une logique similaire, les problèmes aréaux, discrets **et ordonnés** doivent être représentés par des symboles, dont la **valeur,** ou la **trame** change, afin d'induire une hiérarchie entre les catégories.

Exemple : typologie centre-périphérie des pays du monde. Typologie hiérarchique des régions mondiales en fonction de leur importance stratégique pour la Chine et les États-Unis.

Ce premier exemple de carte (figure 7, ci-dessous) illustre un problème aéral puisqu'il est traité au niveau régional. Une hiérarchie est établie entre ces régions et parts des espaces périphériques pour aller vers les espaces métropolitains. Pour représenter cette hiérarchie, l'auteur fait varier le grain et son orientation de sorte que les trames soient ordonnées par leur valeur en partant de trames peu denses pour arriver à une trame unie et noire.

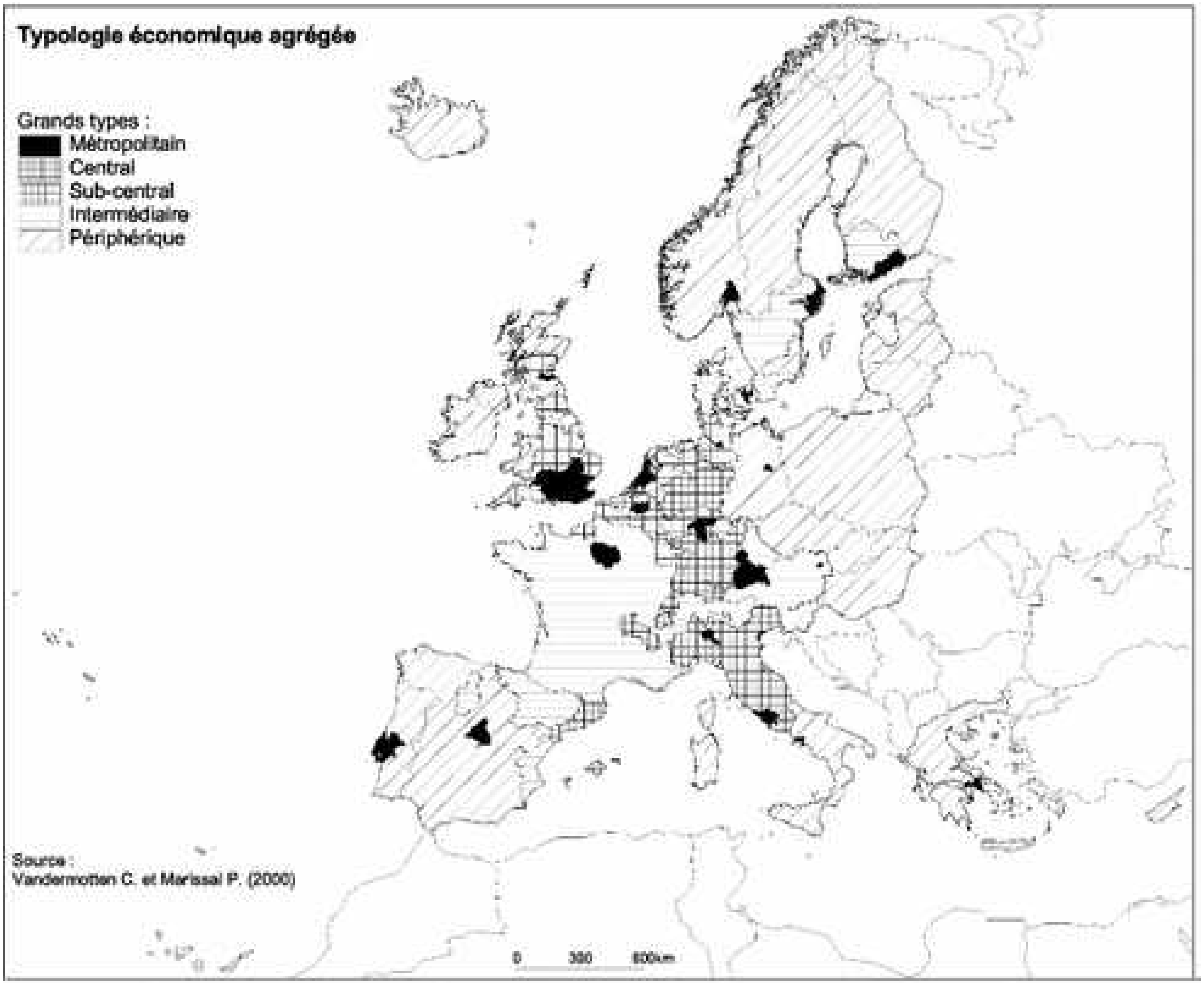


Figure 7. Typologie économique régionale européenne basée sur une opposition centre-périphérie (Dobruszkes, 2006)

Dans ce deuxième exemple (figure 8, ci-dessous), il s'agit aussi d'un problème aréal, puisqu'il est traité au niveau des régions. L'auteur établit une hiérarchie double, basée d'une part sur une opposition entre régions de gauche et de droite, et d'autre part par une différenciation entre régions stables et en basculement. L'auteur choisit de faire varier la couleur pour marquer l'opposition gauche/droite, associant le rouge à la gauche et le bleu à la droite selon une convention traditionnelle de la géographie politique en Europe. Ensuite, il établit une hiérarchie entre régions stables et en basculement en faisant varier la valeur, mettant l'accent sur les régions en basculement.

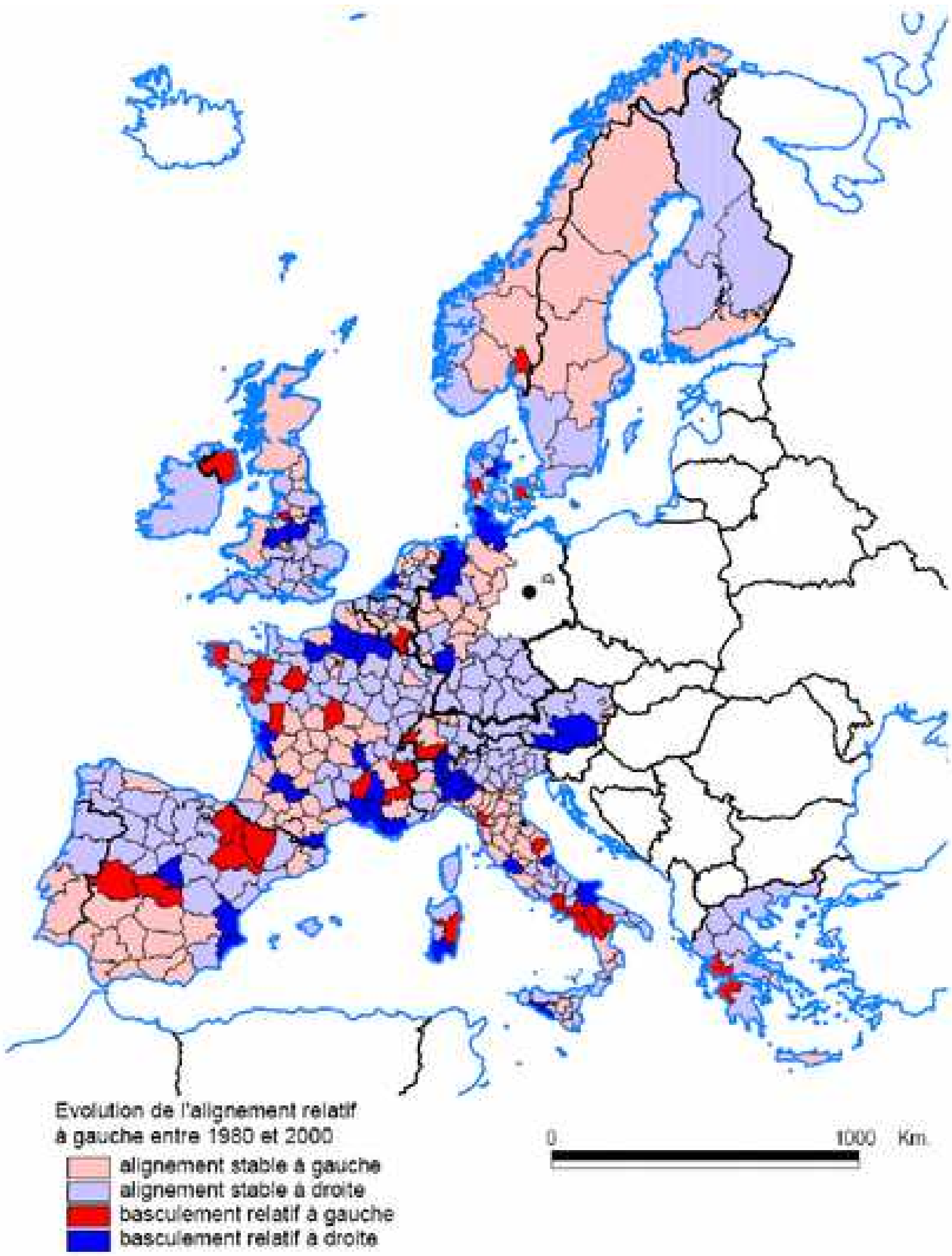


Figure 8. Typologie politique des régions européennes en fonction de leur alignement à gauche ou à droite du baromètre politique et de leur stabilité politique(Van Hamme, 2009)

2.4 Les problèmes aréaux continus et ordonnés

Dans une logique similaire, les problèmes aréaux continus **et ordonnés** doivent être représentés par des plages dont la **valeur** croît avec celle de l'indicateur. Le problème étant continu dans l'espace, l'indicateur est cartographié par extrapolation d'observations ponctuelles ; les limites territoriales entre les plages sur la carte dépendent de la façon dont on fixe les limites entre les catégories.

Exemple : Habitabilité en fonction de la radioactivité sur un territoire donné, Rentabilité de l'agriculture en fonction de la présence de parasites.

Dans la figure 9 (ci-dessous), c'est un problème aéral puisqu'elle couvre tout le territoire étasunien, ordonné puisque les classes de sévérité de la sécheresse n'ont pas de valeur mathématique et continue, car la carte est basée sur des sondages ponctuels qui sont extrapolés pour établir les limites territoriales entre les catégories. La représentation est basée sur une variation de la valeur et des limites de catégories s'apparentant à des courbes de niveau.

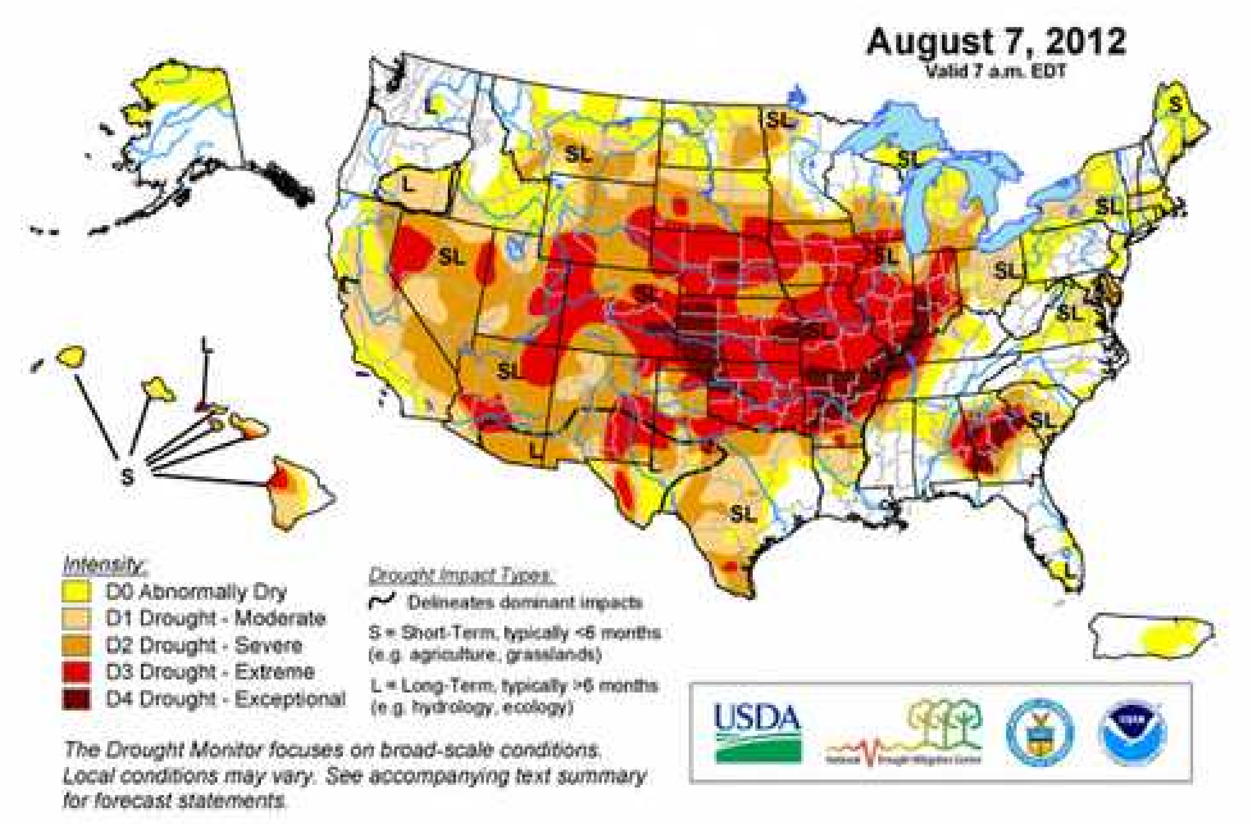


Figure 9. La sévérité de la sécheresse aux USA (USDA, 2013)

3 <u>Les problèmes repérés</u>

Pour rappel, les <u>variables repérées</u> ont deux propriétés mathématiques : **l'ordre et l'intervalle**. À chaque lieu est attribuée une valeur repérée sur une échelle étalonnée dont l'origine est conventionnelle : l'intervalle (différence) entre deux valeurs a un sens, mais le rapport n'en a pas.

La différence par rapport aux variables ordonnées est que cette fois la hiérarchie est basée sur des valeurs mathématiques, que l'intervalle entre différentes catégories a un sens.
Exemples : température, date, …

Dès lors, **les propriétés visuelles recherchées** lors de la représentation cartographique de variables ordonnées sont **la sélectivité**, c'est-à-dire que chacune des catégories représentées doit pouvoir être distinguée aisément, et l'**ordre**, c'est-à-dire que la représentation choisie induit une hiérarchie implicite entre les catégories. Par contre, l'associativité n'est pas recherchée, car contradictoire avec la recherche d'ordre et la proportionnalité n'est pas non plus voulue, car il n'y a pas de rapport mathématique entre les catégories, mais seulement une hiérarchie.

En conséquences, les problèmes ordonnés se représentent en faisant varier la **valeur**, le **grain** ou la **taille**. La couleur, la forme ou l'orientation ne sont utilisées qu'en association avec la valeur ou le grain. Par rapport aux variables ordonnées, le privilège est donné à la taille, car il permet de visualiser directement l'importance de l'intervalle entre différentes catégories.

Un problème quantitatif (ou repéré) est souvent réduit en catégories hiérarchisées pour faciliter la lecture de la carte ; il devient alors un problème ordonné ; ce faisant on perd une partie de l'information. Il s'agit d'un choix du cartographe que de trouver le bon équilibre entre la perte d'information et la lisibilité.

3.1 Les problèmes ponctuels et repérés

Ainsi, les <u>problèmes **ponctuels et repérés**</u> doivent être représentés par des symboles ponctuels dont la **taille**, la **valeur** ou le **grain** changent, pour rendre perceptible une hiérarchie entre les catégories représentées.
Exemple : villes représentées par leur date de création, date apparition d'une épidémie dans différents villages..

La figure 10 (ci-dessous), illustre un problème ponctuel, les maisons sont figurées par des points à leur adresse, et repéré, puisque les maisons sont classées en fonction de leur date de construction. L'auteur choisit de le représenter par des symboles dont la valeur change avec une progression dans les couleurs chaudes.

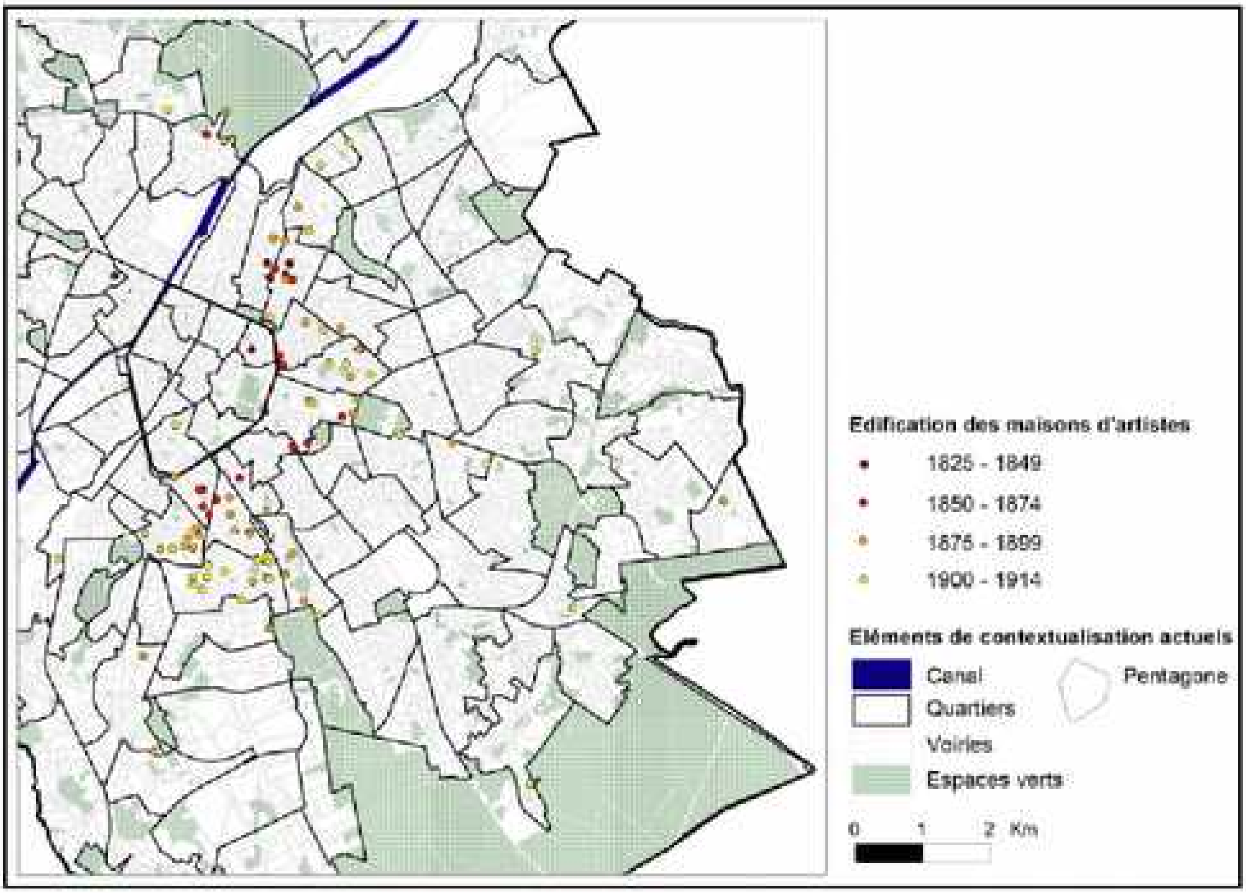


Figure 10. Édification de maisons d'artistes à Bruxelles selon la date de construction (Debroux, 2012)

3.2 Les problèmes linéaires et repérés

De même, les <u>problèmes **linéaires et repérés**</u> doivent être représentés par des symboles, dont la taille, ou la **valeur** change, afin d'induire une hiérarchie entre les catégories représentées.
Exemple :date d'ouverture de routes ou d'autres axes de transport

La figure 11 (ci-dessous), illustre un problème linéaire (les liaisons aériennes sont figurées par des traits liant origine et destination), et repéré (les lignes sont différenciées en fonction de leur date d'ouverture fermeture). L'auteur choisit de faire varier la couleur et la valeur pour figurer les différentes dates de fermetures et d'ouvertures. Par ailleurs, les fermetures sont représentées dans des couleurs se rapprochant du rouge, couleur figurant l'arrêt dans la signalisation, alors que les ouvertures ont des couleurs proches du vert, couleur de départ, de voie libre, dans la signalisation.

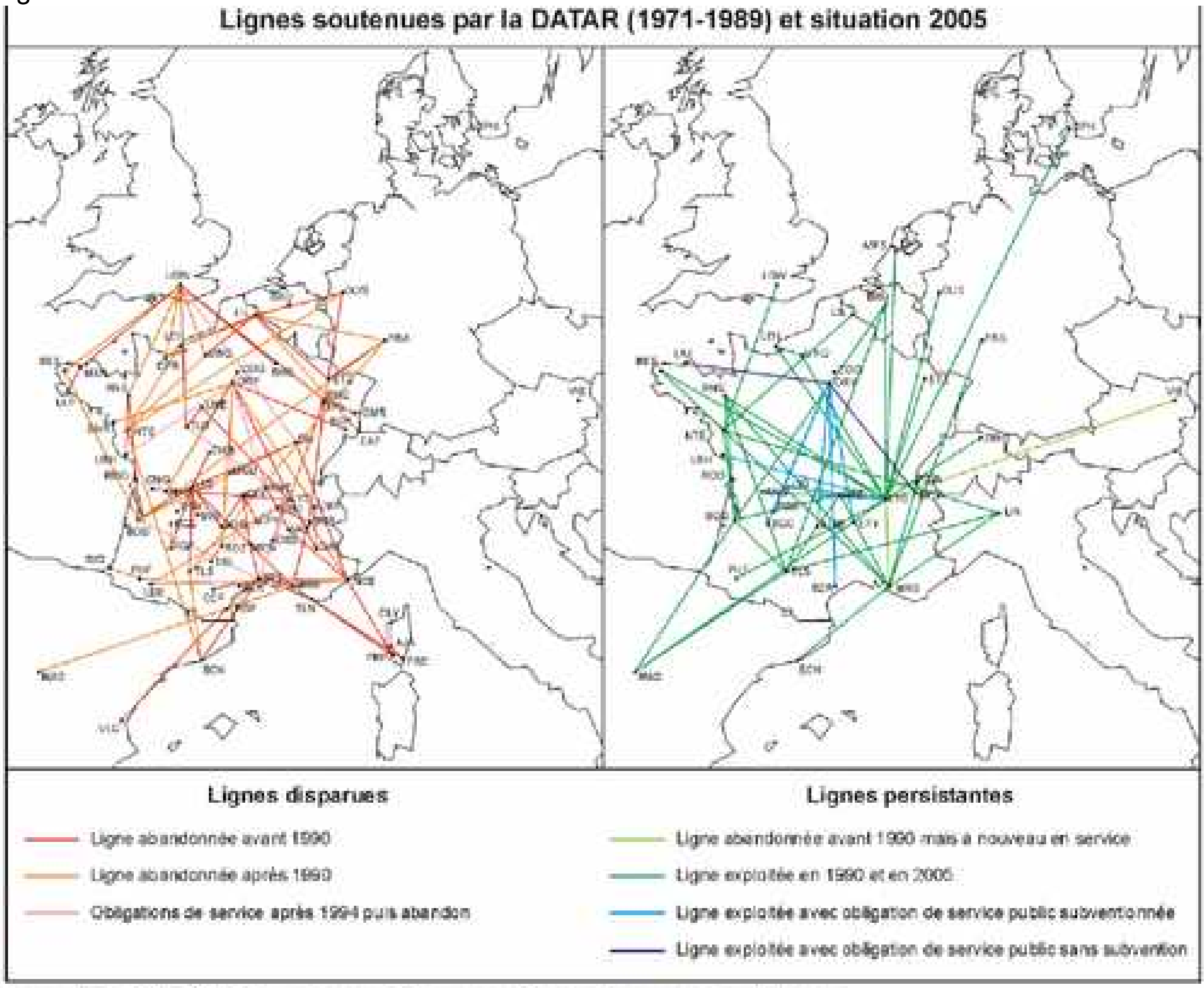


Figure 11. Date de création ou de suppression de liaisons aériennes en France (Dobruszkes, 2006)

3.3 <u>Les problèmes aréaux discrets et repérés</u>

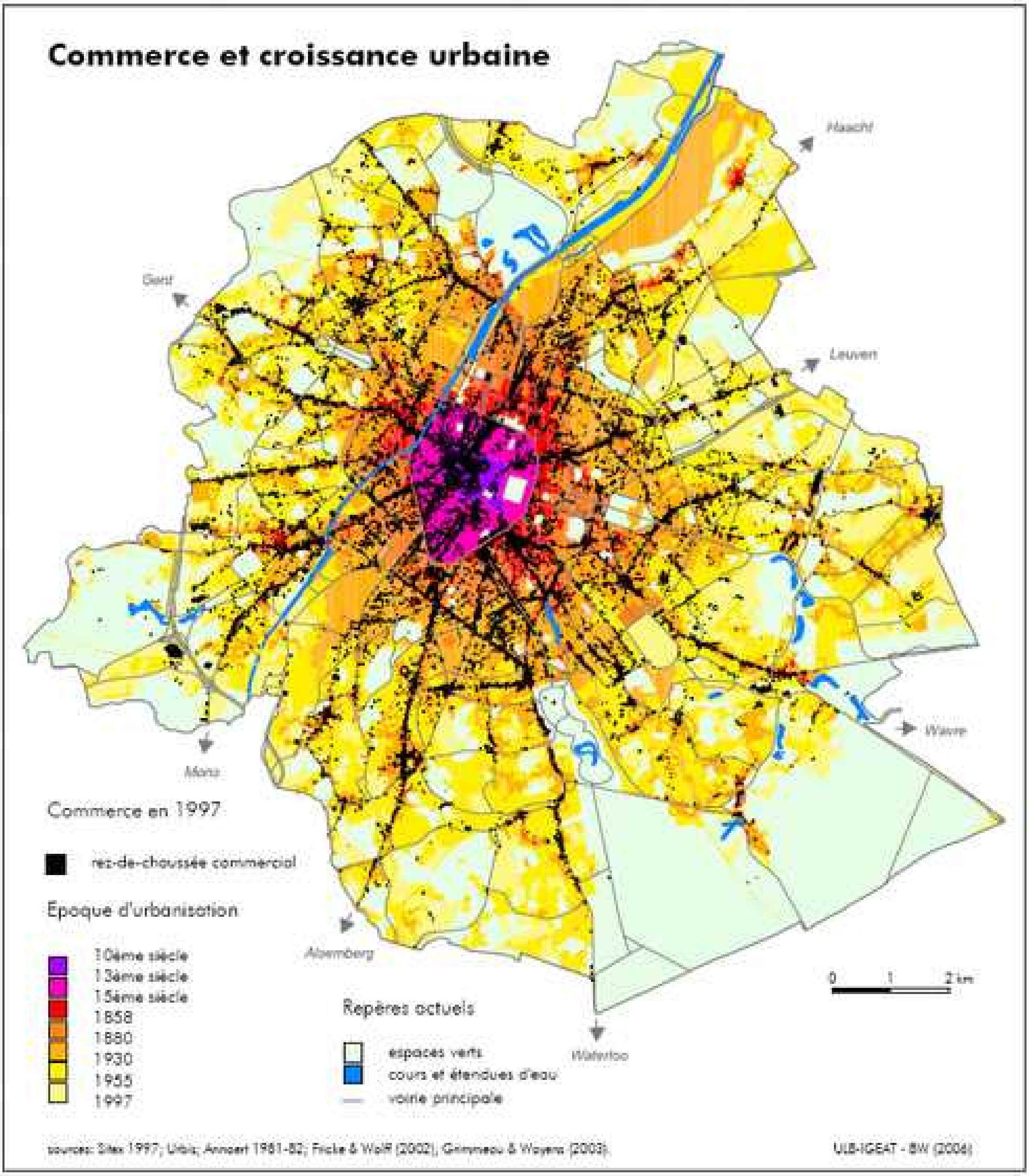
Dans une logique similaire, les <u>problèmes aréaux discrets **et repérés**</u> doivent être représentés par des symboles, dont la **valeur** ou la **trame** changent, afin d'induire une hiérarchie entre les catégories.

Exemple : date de création de pays, température par région.

Dans ce premier exemple de carte (figure 12, ci-dessous), il s'agit d'un problème aréal, puisqu'il est traité par secteur statistique bruxellois et repéré, car les quartiers sont classés en fonction de leur date d'urbanisation. L'auteur choisit de représenter cette progression par une variation de valeur et de couleur dans les tons chauds.

Figure 12. Carte des quartiers bruxellois en fonction de leur date d'urbanisation (Wayens, 2006)

Dans ce deuxième exemple de carte des températures moyennes annuelles des états américains (figure 13, ci-dessous). Il s'agit aussi d'un problème aréal, puisque traité à l'échelle des états américains et repérés, car il se base sur des valeurs de température (en degrés Fahrenheit). La représentation exploite sur une variation de valeur et de couleur, avec une opposition entre des teintes froides, associées à des températures sous la moyenne annuelle, et des teintes chaudes, associées à des températures au-dessus de la moyenne annuelle.



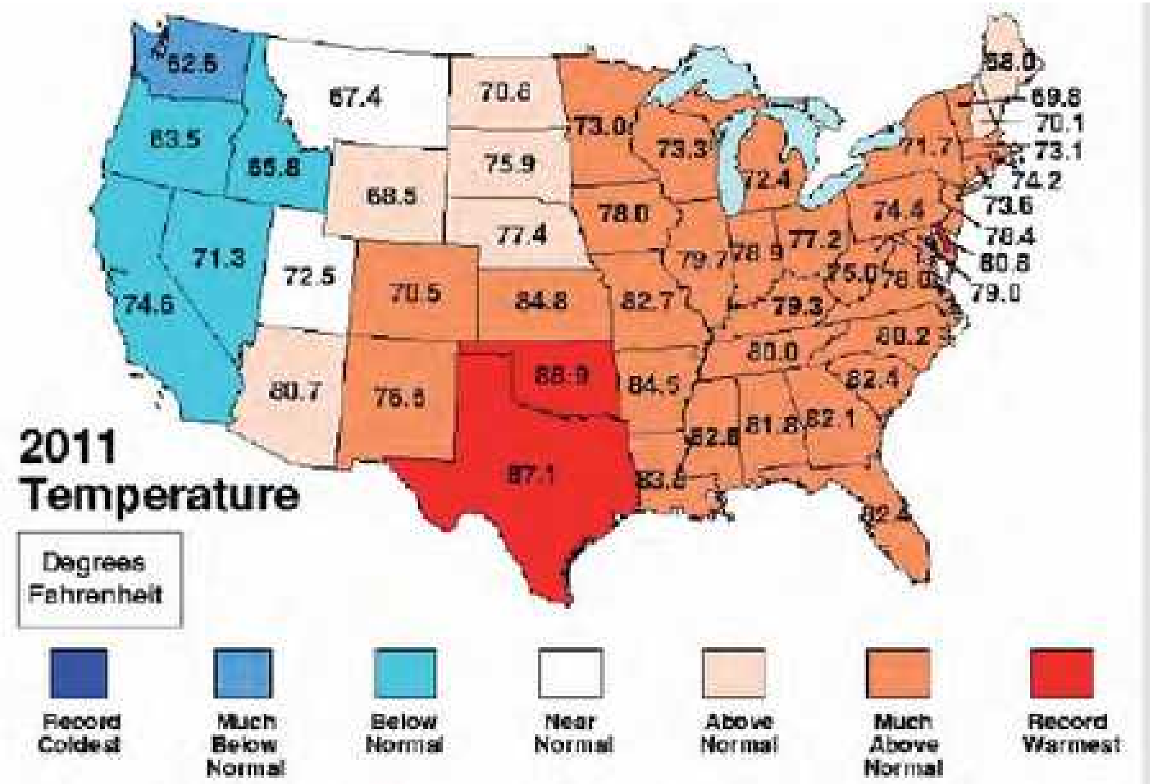
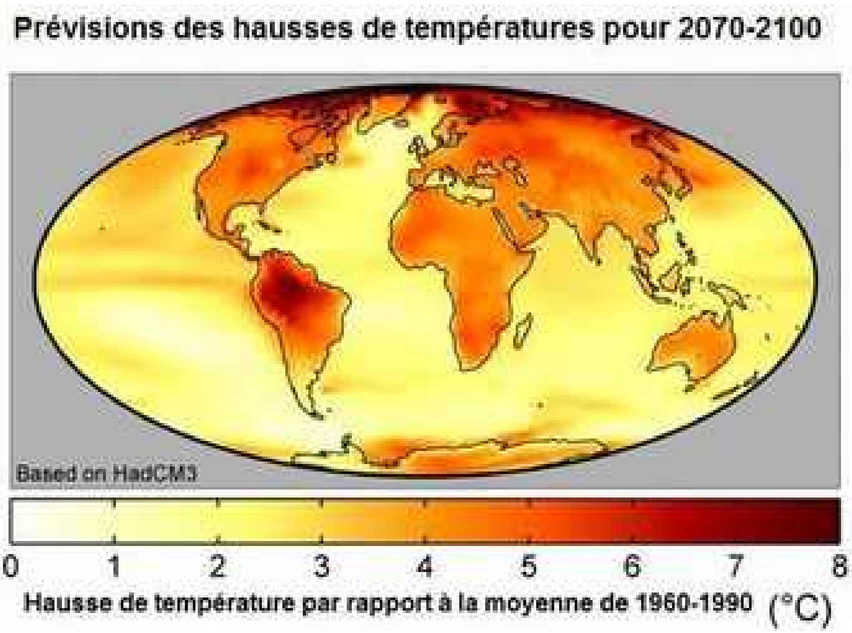


Figure 13. Température annuelle moyenne aux Etats-Unis (2011) (www.srh.noaa.gov)

3.4 Les problèmes aréaux, continus et ordonnés

Dans une logique similaire, les <u>problèmes aréaux continus **et ordonnés**</u> doivent être représentés par des plages dont la **valeur** change, avec des limites floues, car les valeurs sont obtenues par extrapolation d'observations ponctuelles.

Exemple : carte aréale de la date de diffusion d'une maladie, carte de température.



Dans la figure 14 (ci-contre. ***IPCC, 2010***): ***hausse de la température par rapport à la moyenne entre 1960 et 1990***. Il s'agit d'un problème aréal traité à l'échelle mondiale, continu, car basé sur des sondages ponctuels extrapolés aux espaces environnants, et repérés, car traitant de température exprimé en degré Celsius. La représentation se base sur une progression de valeur dans des teintes chaudes, avec des limites floues entre les catégories de hausses de températures. Il faut noter que l'absence de catégories rend la lecture précise des valeurs quasi impossible.

4 <u>Les problèmes quantitatifs</u>

Pour rappel, les problèmes quantitatifs, pour lesquels des opérations mathématiques (+, -, /, *) ont du sens, jouissent de trois propriétés mathématiques de base : l'ordre, l'intervalle et le rapport. Les valeurs proviennent de comptages ou de mesures ; dans les deux cas le zéro a pour sens particulier l'absence. On peut calculer la différence et le rapport de deux valeurs et effectuer toute opération souhaitée (puissances, transformations logarithmiques, …).
Exemples : nombre d'habitants, d'actifs, de nuitées, … Quantités produites, … Superficies occupées par certaines affectations, … densité de la population, taux, proportions,...

<u>Lorsque l'on représente des données quantitatives, il est IMPÉRATIF de distinguer deux types de problèmes: les problèmes quantitatifs absolus, c'est-à-dire des variables qui augmentent lorsqu'on considère un territoire plus important, et les problèmes quantitatifs relatifs, qui n'augmentent pas forcément avec la taille du territoire. En effet, cette distinction conditionne la représentation correcte de ce type de problème.</u>

<u>Les problèmes quantitatifs absolus</u> sont des nombres, des effectifs, des grandeurs non rapportées à une autre grandeur, par exemple le nombre de personnes par secteur statistique, le nombre de camions sur les autoroutes, … Ils résultent d'un dénombrement. Ces problèmes **doivent** être représentés par des symboles dont la **taille** est **proportionnelle** à la valeur de la variable. Par exemple, le nombre de personnes par secteur statistique sera représenté par un cercle dont la surface sera proportionnelle au nombre de personnes.

Les problèmes quantitatifs absolus **ne peuvent être représentés par des trames ou des teintes appliquées sur des surfaces.** En effet, une telle représentation est erronée, car l'impression visuelle et la teinte ou la trame prise par une entité sont influencées par la taille des entités. Par exemple, une carte par plage de la population mondiale par pays laissera apparaître dans des teintes sombres les plus grands pays, car ceux-ci seront nécessairement plus peuplés puisque leur territoire est étendu. Visuellement, **cela fera apparaître l'information deux fois** : par la trame foncée et par la taille de l'entité atteignant l'œil. On parle **<u>d'effet de taille.</u>** De même, si l'on regroupe deux entités, la valeur de l'indicateur devient la somme de ces entités et la trame correspondante devient plus foncée, augmentant la visibilité de ces entités de deux façons : surface plus grande et teinte plus foncée. Au contraire, de petites entités, éventuellement densément peuplées, apparaîtront nécessairement avec une trame pâle, car la population totale y sera peu élevée. De même, la division d'une entité spatiale réduira sa visibilité de deux façons : réduction de la taille de l'entité et teinte ou valeur plus faible, car basée sur une valeur de la variable quantitative elle aussi divisée.

<u>Deux solutions permettent d'éviter l'effet de taille :</u>

- opter pour représentation basée sur des symboles dont la taille est proportionnel à la valeur : dans ce cas, il n'y a plus d'effet de taille, l'information n'est représentée que par une seule variable, la taille du symbole. Si l'on se réfère à l'exemple des populations par pays du monde, cela correspondrait à une carte où la population par pays est représentée par un cercle non tramé (ou éventuellement une autre forme géométrique) proportionnel(le) à la taille de la population du pays.

- transformer le problème quantitatif absolu en problème quantitatif relatif : en divisant la valeur absolue par la taille de l'entité (ou une autre grandeur variant avec la taille de l'entité). Dès lors, on obtient une valeur relative, telle une densité, et non plus une valeur absolue. Cette densité est cette fois relative à la surface et non plus proportionnelle à la surface de l'entité. Si l'on groupe deux entités, la valeur de l'indicateur correspondra à la moyenne pondérée des densités des entités initiales et non plus à la somme. Si l'on revient à l'exemple de la population par pays, il s'agirait alors de cartographier par plage la densité de population par pays.

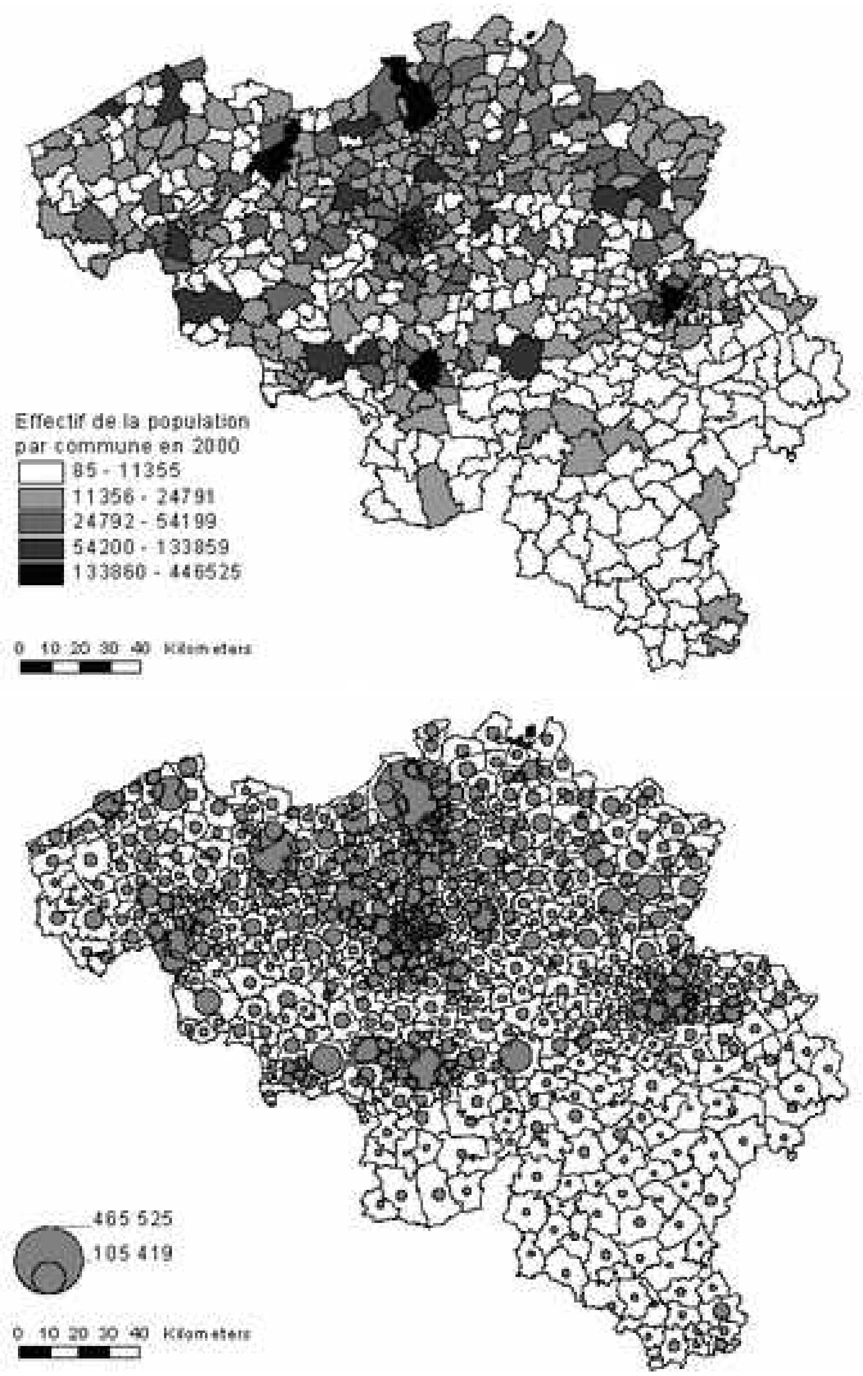


Figure 15 et 16. Exemples de représentations inadéquate et plus acceptable d'un même problème quantitatif aréae : Population en 2000 par commune (Dessouroux, 2013)

Sur la carte de gauche, il s'agit d'une mauvaise représentation d'un problème quantitatif variant avec la superficie des entités spatiales : la population par commune en 2000.

En effet, remarquez sur la carte de droite comme les surfaces des cercles rendent mieux compte de la distribution de la population que les variations de valeurs des trames.

Par contre, les **problèmes quantitatifs relatifs** sont des grandeurs rapportées à la superficie de l'unité spatiale ou à une autre grandeur variant avec sa superficie, par exemple la densité de la population (nombre de personnes divisé par la superficie), le pourcentage/taux de personnes âgées (nombre de personnes âgées divisé par la population totale), … Dans ce cas, l'effet de taille étant éliminé par le rapport, on les représente par une **gamme de trames de valeur** croissante ou par une gamme de **teintes ordonnées**. Ci-dessous, figure 17, une bonne représentation d'un problème quantitatif rapporté à la superficie : **la densité de la population par commune en 2000**

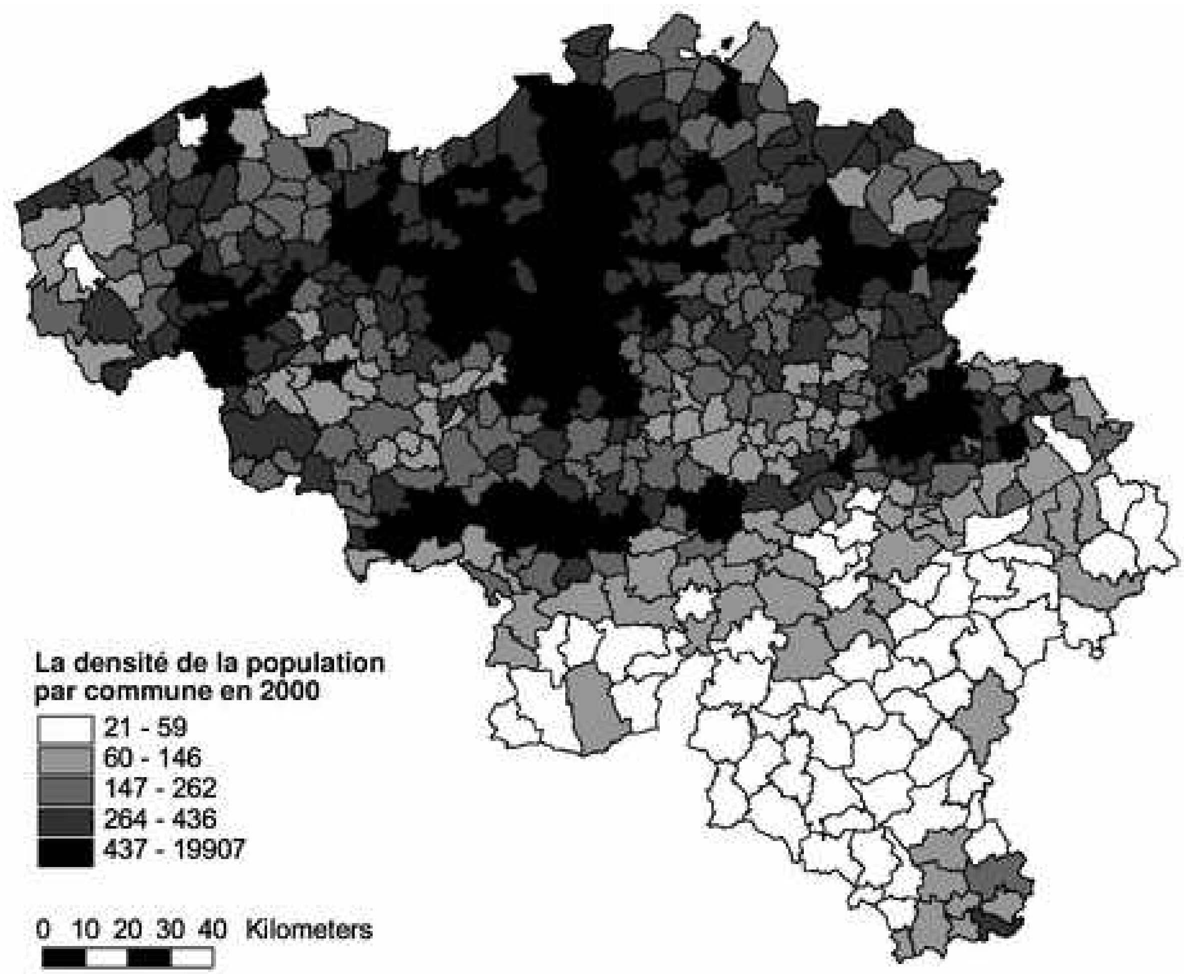


Figure 17. Densité de la population par commune en 2000 (Dessouroux, 2013)

Les choix de représentation dépendront donc de la nature du problème quantitatif : **absolu** ou **relatif.**

4.1 Les problèmes quantitatifs absolus

Les problèmes quantitatifs absolus sont des nombres, des effectifs, des grandeurs non rapportés à une autre grandeur, par exemple le nombre de personnes par secteur statistique, le nombre de camions sur les autoroutes, … Elles résultent d'un dénombrement. Ces variables **doivent** être représentées par des symboles dont la **taille** est **proportionnelle** à la valeur de la variable.

En général, **on ne procède pas à une discrétisation de ces variables**, préférant une représentation qui soit directement proportionnelle à la valeur absolue des variables et basée sur la taille des symboles.

4.1.1 Les problèmes ponctuels et quantitatifs absolus

Ainsi, les problèmes **ponctuels et quantitatifs absolus** doivent être représentés par des symboles ponctuels dont la **taille** change, pour rendre perceptibles l'importance absolue et la hiérarchie existant entre les éléments représentés.
Exemple : trafic maritime des ports mondiaux, population des villes.

La figure 18 (ci-dessous), illustre un problème ponctuel, les établissements sont représentés par un point correspondant à leur adresse, et quantitatif absolu, la valeur représentée étant le chiffre d'affaires total à l'adresse. L'auteur choisit une représentation basée sur des cercles centrés sur l'adresse des établissements et dont la taille est proportionnelle au chiffre d'affaires des établissements logistiques.

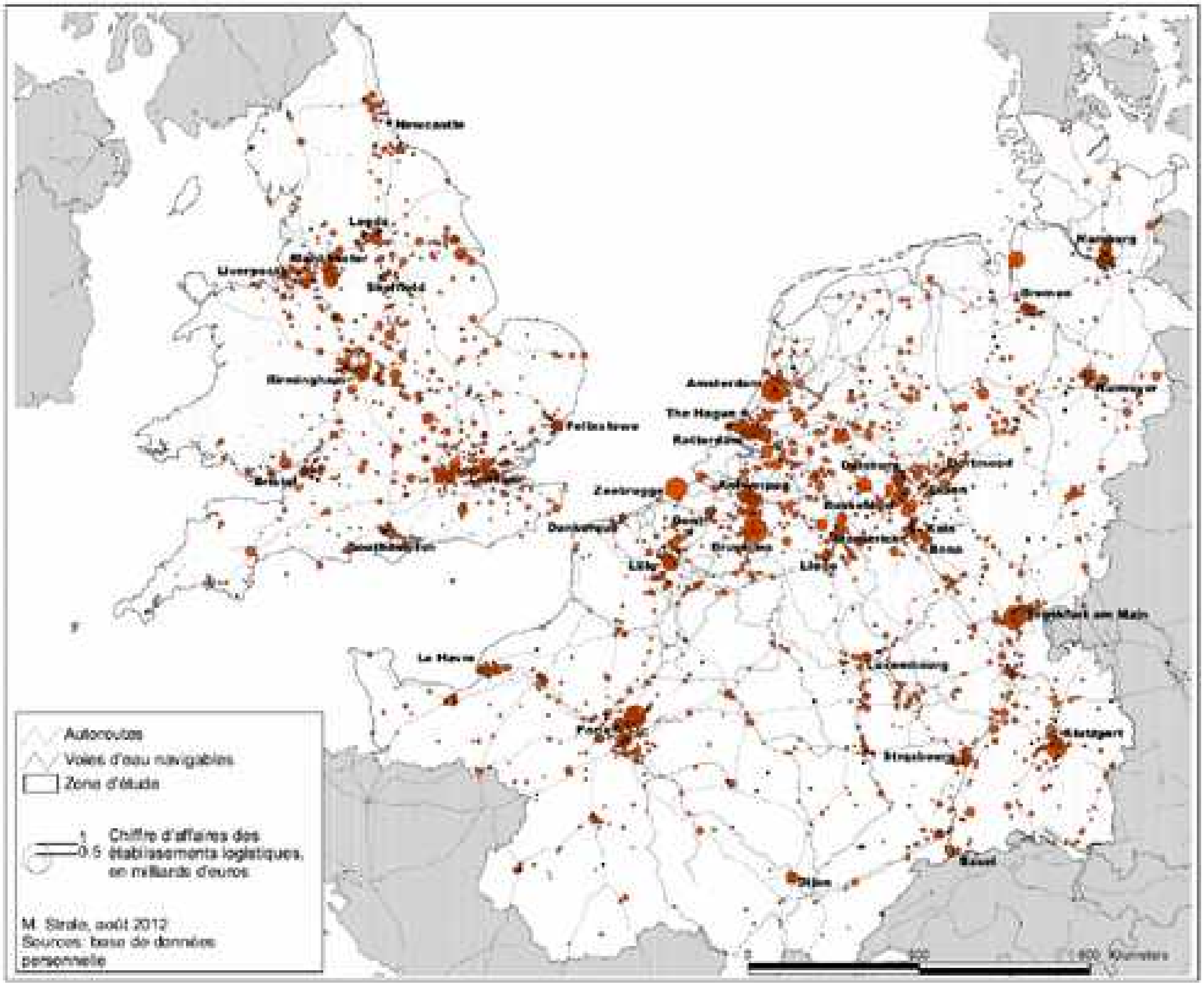


Figure 18. Chiffre d'affaires des établissements logistiques par adresse à l'échelle nord-ouest européenne (Strale, 2013)

4.1.2 Les problèmes linéaires et quantitatifs absolus

De même, les problèmes **linéaires et quantitatifs absolus** doivent être représentés par des symboles linéaires dont la **taille** change, pour rendre perceptibles l'importance absolue et la hiérarchie existant entre les éléments représentés.
Exemple : trafic sur une route, débit d'un cours d'eau, nombre de passagers sur différentes liaisons aériennes.

La figure 19 (ci-dessous), illustre un problème linéaire (les trajectoires de survol sont représentées par des traits), et quantitatif absolu, (à chaque trajectoire correspond un nombre annuel de vol). L'auteur choisit une représentation basée sur des lignes dont l'épaisseur est proportionnelle au nombre de vols. Par ailleurs, le nombre d'habitants survolés, qui est également un problème quantitatif absolu, est représenté par des cercles dont la taille est proportionnelle au nombre de personnes habitant dans le secteur statistique.

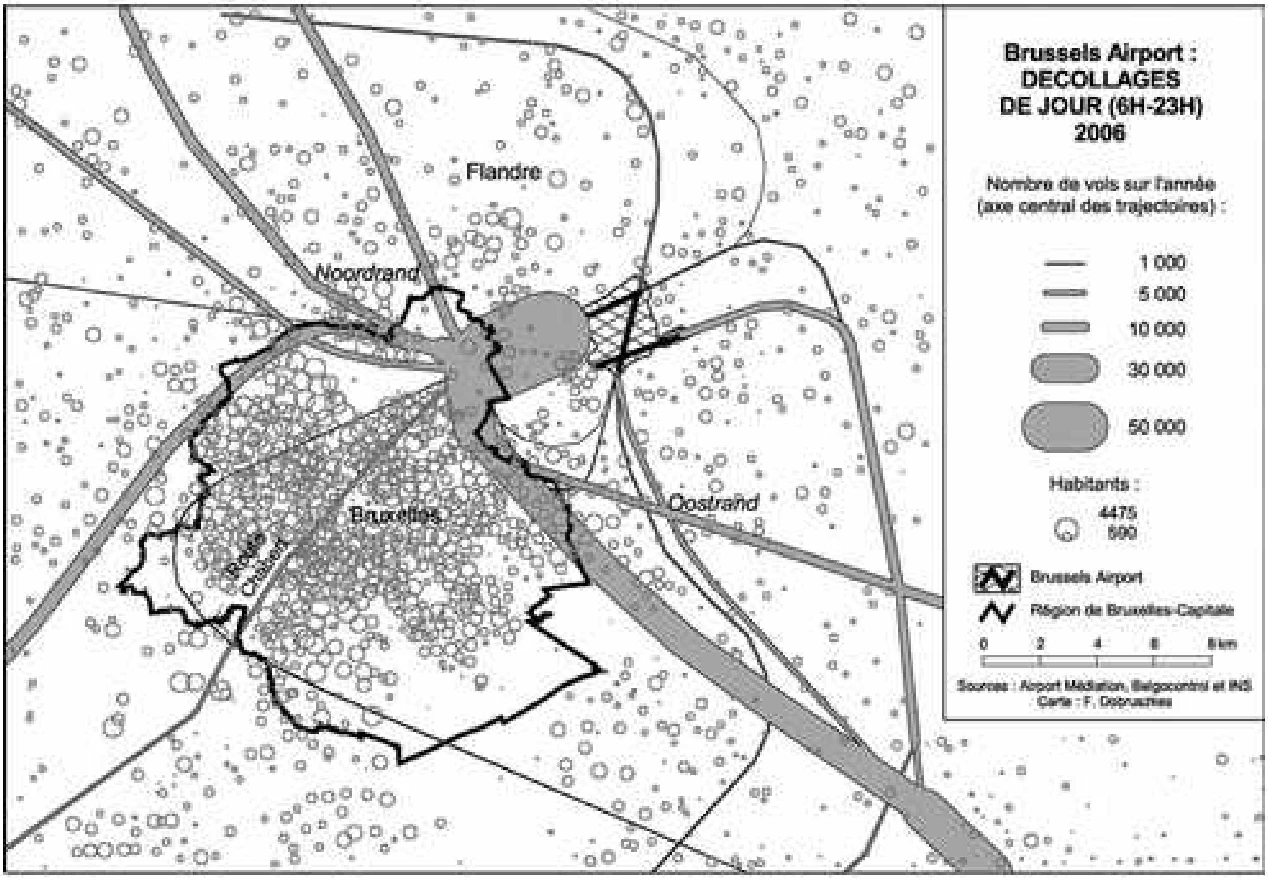


Figure 19. N*ombre de vols aériens au départ de Bruxelles en fonction de leur trajectoire de survol *(Dobruszkes, 2008)

4.1.3 Les problèmes aréaux et quantitatifs absolus

Enfin les <u>problèmes **aréaux et quantitatifs**</u> **absolus** doivent être représentées par des symboles ponctuels centrés sur l'entité correspondante dont la **taille** change, pour rendre perceptible l'importance absolue et la hiérarchie existant entre les éléments représentés.
Exemple : population par pays, PIB par région, surface de forêt par pays…

Dans ce premier exemple de carte (figure 20, ci-dessous)**, il** s'agit d'un problème aréal, puisqu'elle concerne des pays, et quantitatif absolu, la variable étant le nombre de décollages par pays. L'auteur choisit une représentation basée sur des cercles centrés sur les pays auxquels ils correspondent et dont la taille est proportionnelle au nombre de décollages.

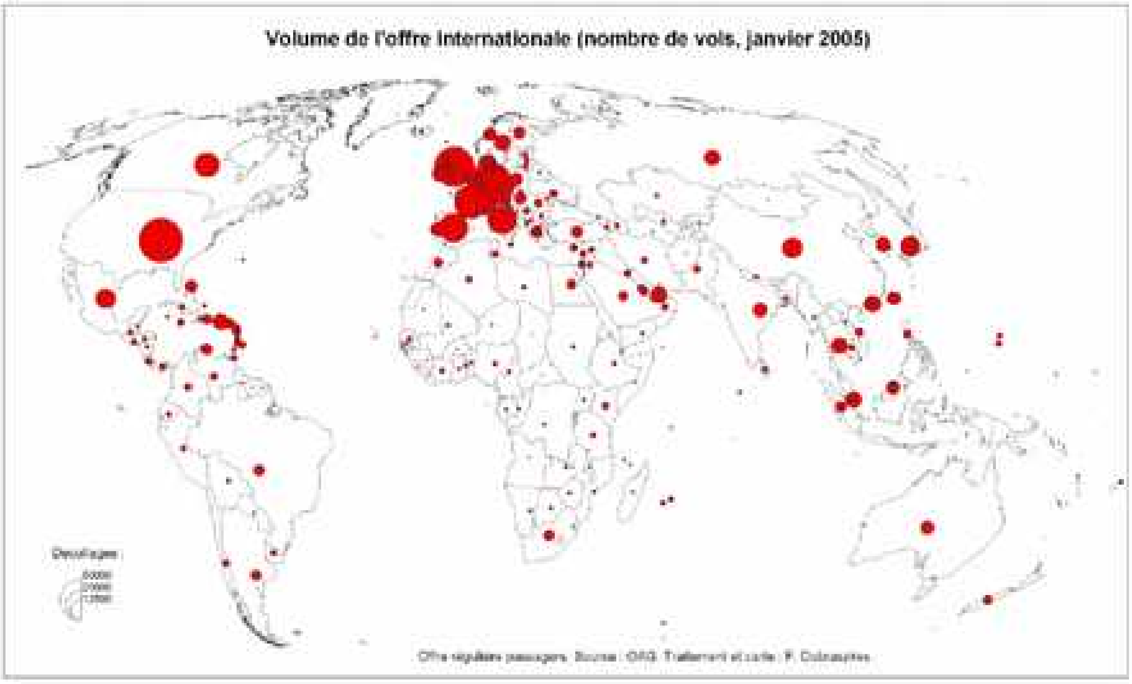


Figure 20. Nombre de vols d'avions de passagers par pays en janvier 2005 (Dobruszkes, 2006)

Dans ce deuxième exemple de carte (figure 21, ci-dessous), il s'agit aussi d'un problème aréal, puisqu'il est traité à l'échelle des secteurs statistiques, et quantitatifs absolus puisque c'est le solde migratoire, donc la différence entre les entrées et sorties du secteur, qui est cartographié. L'auteur choisit une représentation basée des symboles de taille proportionnelle au bilan migratoire, ici des triangles. Pour différencier les soldes positifs et négatifs, l'auteur fait varier l'orientation du triangle (et la valeur) : pointe vers le haut pour les soldes positifs, pointe vers le bas pour les soldes négatifs ; pour le lecteur, cette symbolique donne implicitement une idée d'évolution positive ou négative. L'auteur réalise deux cartes similaires pour les deux dates d'études, afin de faciliter la comparaison.

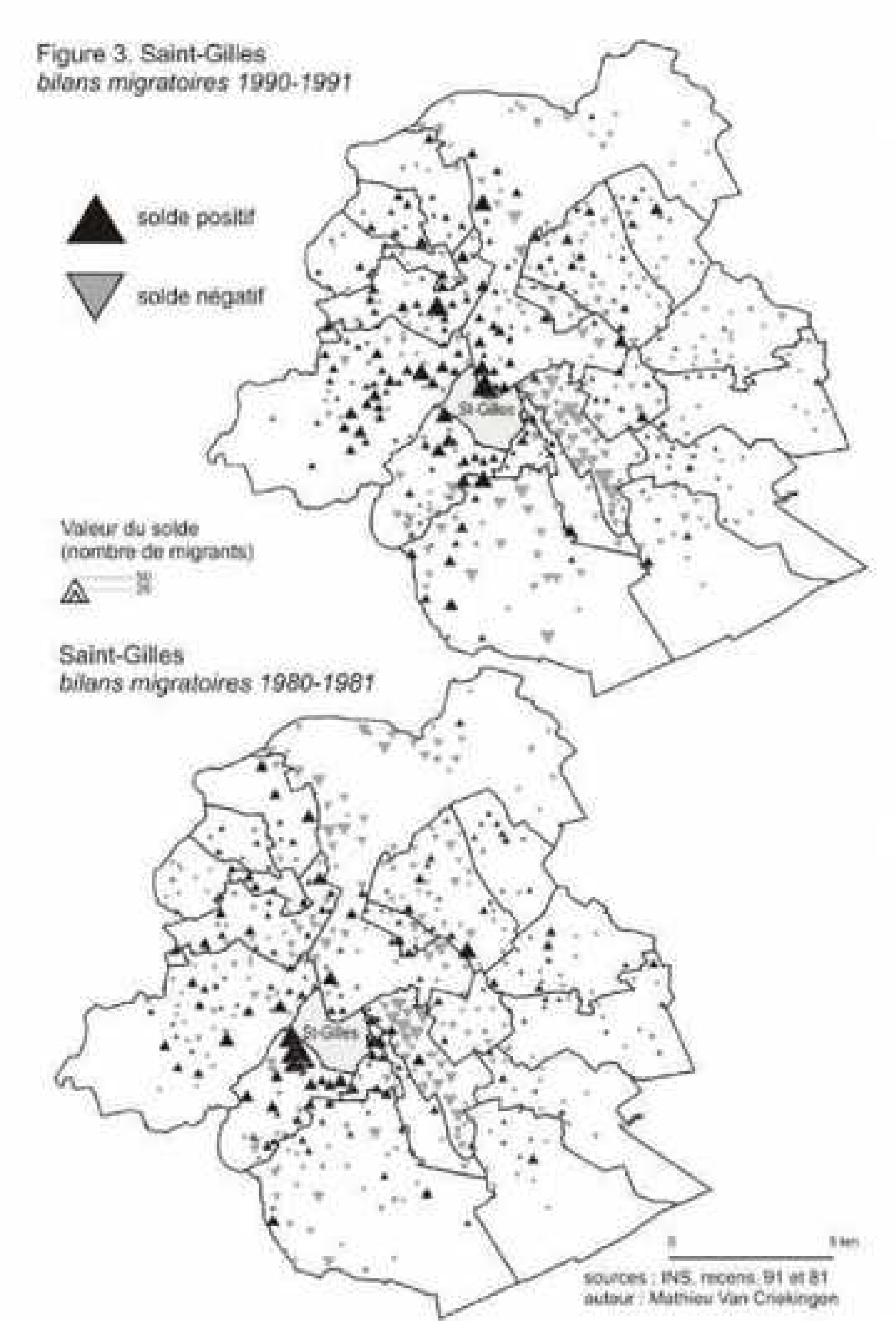


Figure 21. Solde migratoire des secteurs statistiques bruxellois avec la commune de Saint-Gilles entre 1990 et 1991 et entre 1981 et 1991 (entrées ou sorties d'habitants quittant ou s'installant à Saint-Gilles) (Van Criekingen, 2001).

4.2 <u>Les problèmes quantitatifs relatifs</u>

Les **<u>problèmes quantitatifs relatifs</u>** sont des grandeurs rapportées à la superficie de l'unité spatiale ou à une autre grandeur variant avec sa superficie, par exemple la densité de la population (nombre de personnes divisé par la superficie), le pourcentage de personnes âgées (nombre de personnes âgées divisé par la population totale), … Dans ce cas, l'effet de taille étant éliminé par le rapport, on les représente par une **série de trames de valeur** croissante ou de **teintes ordonnées**. Ces variables ont le défaut de ne garder que l'ordre et pas la proportionnalité (on ne peut pas faire un rapport mathématique entre deux classes de valeur ou de trame différentes, mais on peut en percevoir l'ordre).

Pour représenter sur carte une variable quantitative, il est en général de passer par une division en classes ou discrétisation; bien sûr en faisant des classes, on perd de l'information, mais on gagne en lisibilité. Si l'on s'abstient de faire des classes, la représentation cartographique sera plus fidèle à la variable, mais la carte sera plus difficile à lire, car la correspondance entre la carte et la légende sera compliquée à établir.

4.2.1 Les problèmes ponctuels et quantitatifs relatifs

Ainsi, les problèmes **ponctuels et quantitatifs relatifs** doivent être représentés par des symboles ponctuels dont la **valeur** ou le **grain** changent, mais pas la taille, pour rendre perceptible une hiérarchie entre les catégories représentées.
Exemple : part d'étrangers dans les villes, part d'une marchandise dans le trafic d'un port, part des femmes dans différentes entreprises représentées à leur adresse.

4.2.2 Les problèmes linéaires et quantitatifs relatifs

Ainsi, les problèmes **linéaires et quantitatifs relatifs** doivent être représentés par des symboles linéaires dont la **valeur** ou le **grain** changent, mais pas la taille, pour rendre perceptible une hiérarchie entre les catégories représentées.

Exemple : part d'excès de vitesse sur des tronçons de route, vitesse moyenne par tronçon de réseau de transport.

4.2.3 Les problèmes aéraux et quantitatifs relatifs

*Enfin, les problèmes **aéraux et quantitatifs relatifs** doivent être représentées par des symboles aréaux dont la **valeur** ou le **grain** changent pour rendre perceptible une hiérarchie entre les catégories représentées.*
Exemple : densité de population par pays, part des femmes dans la population active par région, part des terres cultivées par commune, taux d'urbanisation, part des personnes âgées dans la population de différents territoires.

Le premier exemple de carte (figure 22, ci-dessous) illustre un problème aréal, puisqu'il couvre des territoires communaux, et quantitatifs relatifs, il s'agit de cartographier la part du parti social-chrétien dans le vote total des arrondissements. L'auteur choisit une représentation par plage avec une progression basée sur des valeurs de gris.

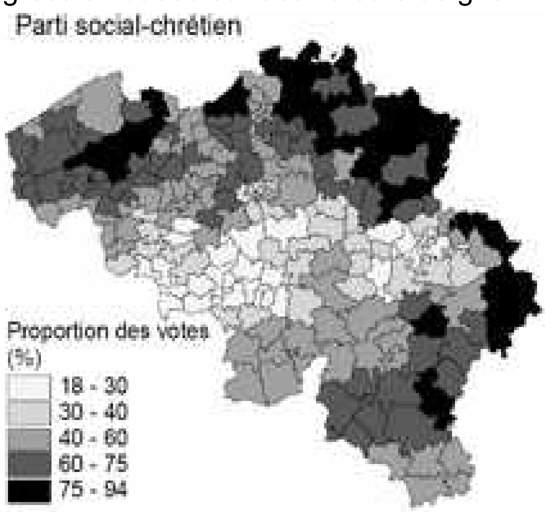


Figure 22.* Part du parti social-chrétien dans les arrondissements électoraux belges *(Van Hamme, 2009).

Dans le deuxième exemple de carte (figure 23, ci-dessous), il s'agit aussi d'un problème aréal, puisqu'il couvre des territoires régionaux, et quantitatifs relatifs, puisque la variable est la part du vote de gauche dans les régions, par rapport à la moyenne nationale. L'auteur choisit une représentation basée sur une opposition entre des teintes froides (bleues) et chaudes (rouges) et une progression de la valeur. Ce choix permet d'une part de mettre en évidence la hiérarchie existant entre les votes des différentes régions et d'autre part l'opposition entre régions votant moins à gauche que la moyenne nationale (en bleu) et régions votant plus à gauche que la moyenne nationale (en rouge). On retrouve aussi une association du rouge au vote de gauche, le rouge étant lié traditionnellement aux partis de gauche en Europe.

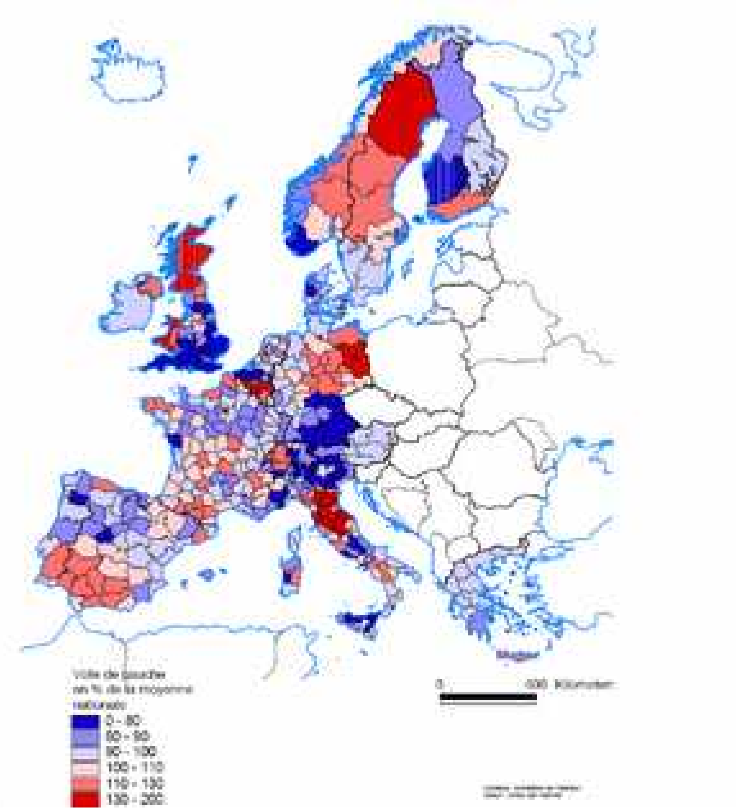


Figure 23. **Part du vote de gauche, par région européenne relativement à la moyenne nationale *(Van Hamme, 2009).***