



HAL
open science

Morphologie urbaine et mobilité en marche à pied

Cyrille Genre-Grandpierre, Jean-Christophe Foltête

► **To cite this version:**

Cyrille Genre-Grandpierre, Jean-Christophe Foltête. Morphologie urbaine et mobilité en marche à pied. *Cybergeo: Revue européenne de géographie / European journal of geography*, 2003, 248, pp.1 - 22. 10.4000/cybergeo.3925 . hal-00402874

HAL Id: hal-00402874

<https://hal.science/hal-00402874v1>

Submitted on 17 Sep 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Morphologie urbaine et mobilité en marche à pied

Urban morphology and pedestrian mobility

Cyrille Genre-Grandpierre et Jean-Christophe Foltête



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/cybergeo/3925>

DOI : 10.4000/cybergeo.3925

ISSN : 1278-3366

Éditeur

UMR 8504 Géographie-cités

Ce document vous est offert par Centre national de la recherche scientifique (CNRS)



Référence électronique

Cyrille Genre-Grandpierre et Jean-Christophe Foltête, « Morphologie urbaine et mobilité en marche à pied », *Cybergeo : European Journal of Geography* [En ligne], Dossiers, document 248, mis en ligne le 07 octobre 2003, consulté le 17 septembre 2019. URL : <http://journals.openedition.org/cybergeo/3925> ; DOI : 10.4000/cybergeo.3925

Ce document a été généré automatiquement le 17 septembre 2019.



La revue *Cybergeo* est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé.

Morphologie urbaine et mobilité en marche à pied

Urban morphology and pedestrian mobility

Cyrille Genre-Grandpierre et Jean-Christophe Foltête

Cette recherche a été financée par le Ministère de l'Éducation, de la Recherche et de la Technologie dans le cadre d'une Action Concertée Incitative « Ville » (Foltête et al., 2002), à laquelle ont également participé Hélène Houot et Mehdi Flitti, que les auteurs tiennent ici à remercier.

Introduction

- 1 L'omniprésence de la mobilité automobile et l'acuité des problèmes qu'elle pose en milieu urbain ont eu tendance à capter de façon quasi-exclusive l'attention des observateurs au détriment des autres types de mobilité, notamment piétonnière. Parler de mobilité revient donc le plus souvent à ne parler que d'auto-mobilité. En conséquence, le vécu spatio-temporel des familles, leurs univers quotidiens restent très largement méconnus lorsqu'ils sont parcourus autrement qu'en voiture. Ainsi, une fois relevée la diminution de sa part modale depuis une trentaine d'années, les commentaires sur la pratique de la marche, pourtant généralisée et quotidienne, s'essoufflent très vite. Tout juste essaie-t-on, à partir du traitement des enquêtes Ménage notamment, d'identifier les déterminants de sa pratique du côté des caractéristiques individuelles des individus telles que l'âge, le sexe ou encore la motorisation disponible.
- 2 Or, parallèlement à ces déterminants socio-économiques, on peut s'interroger sur l'influence potentielle, tant quantitative que qualitative, des contextes géographiques dans lesquels évoluent les marcheurs sur les pratiques piétonnières. Cette mise à jour d'éventuels déterminants spatiaux des comportements de mobilité piétonnière demeure en effet balbutiante notamment en raison de la rareté, voire de l'inexistence, de données relatives à la marche (données de flux, tracés des parcours, etc.).
- 3 Pourtant, s'il est compréhensible que l'analyse de la territorialité automobile ait focalisé l'attention, eu égard à la fulgurance des évolutions récentes, il est en revanche

regrettable que les connaissances sur les autres modes d'habiter et de vivre la ville soient restées si parcellaires. En effet, dans un contexte où les préoccupations environnementales s'affirment toujours plus, la relance de la pratique de la marche apparaît particulièrement importante, de par ses vertus environnementales (US Department of Transportation, 1993), et parce que, accessible à presque tous, elle est susceptible de répondre aux besoins liés à l'autonomisation croissante des membres de la famille.

- 4 Mieux connaître les comportements de mobilité piétonnière et en identifier les différents types de déterminants, notamment spatiaux, apparaissent donc comme des options particulièrement stratégiques pour parvenir à en inciter structurellement l'usage et tendre vers un meilleur équilibre modal, au sein d'un urbanisme qui reste élaboré par et pour l'automobile (Bassand, 1997). Cette relance de la pratique de la marche apparaît en effet comme un moyen pour rogner les parts de marché de l'automobile sur l'important segment des déplacements de courte portée où elle paraît pouvoir s'imposer. Rappelons, ici, que les déplacements de moins de 3 kilomètres représentent environ la moitié du total des déplacements urbains (INSEE, 1991) et, à titre d'exemple, que 86 % du million de déplacements quotidiens motorisés de moins de 1 kilomètre en Ile de France se font en voiture (Duguet, 1995). Cette relance de la marche s'inscrit par ailleurs dans un mouvement cherchant à promouvoir à nouveau un certain mode d'habiter en ville propre à la culture urbaine européenne comme en témoignent les travaux de l'Urban Village Group (Fouchier, 1995).
- 5 Ainsi, l'objectif de cette recherche consiste à mieux connaître les pratiques spatio-temporelles à pied et leurs déterminants spatiaux en milieu intra urbain. Il s'agit plus précisément de confirmer ou d'infirmier l'hypothèse selon laquelle l'organisation spatiale des structures urbaines, entendue comme les différentes modalités d'agencement du bâti, du réseau viaire et des espaces vides, qui définit « l'offre de transport piétonnier », peut influencer les comportements de mobilité piétonnière.
- 6 Cette hypothèse trouve tout d'abord son origine dans l'apparente évidence que l'efficacité de l'offre de transport pour un mode donné constitue un déterminant de l'intensité de son usage. Dans le cas de la marche, on conçoit aisément qu'un réseau fournissant une bonne accessibilité, en minimisant les allongements de parcours supportés physiquement par les pratiquants, agisse comme un encouragement pour son usage. Elle s'inscrit par ailleurs dans la lignée d'autres travaux qui tendent à pointer, sans toutefois le mesurer, que « les trois mesures habituellement utilisées pour prédire les flux piétonniers : la densité de population, les revenus, la distribution et l'intensité de l'occupation du sol, sont individuellement et collectivement insuffisants pour expliquer les flux piétonniers... » mais qu'au contraire « le dessin du site apporte le plus pouvoir explicatif le plus fort pour définir les flux piétonniers¹ » (Vernez-Moudon et al., 1997), (Pushkarev B, Zupan J., 1975).
- 7 Afin d'analyser les liens entre structures urbaines et comportements de mobilité à pied, nous avons, dans un premier temps, construit un indicateur décrivant l'aptitude intrinsèque de chaque lieu à favoriser les déplacements en marche à pied. Ce « potentiel d'usage de la marche » est fondé sur la qualité de l'accessibilité que fournit le réseau viaire pour les déplacements piétonniers. Dans un deuxième temps, une base de données sur les comportements de mobilité en milieu intra-urbain a été constituée à partir d'enquêtes. Enfin, dans un troisième temps, l'analyse comparée des données sur le

potentiel et les comportements de mobilité a visé à vérifier l'hypothèse de l'influence de l'offre urbaine en termes de transport piétonnier sur les comportements de mobilité :

- 8 - en évaluant l'influence du potentiel sur les comportements de mobilité piétonnière au départ du domicile
- 9 - en évaluant l'influence du potentiel sur le niveau de fréquentation locale des piétons
- 10 Deux sites d'étude ont été retenus pour mener ces travaux en raison de leur complémentarité du point de vue de leur taille, de leur contexte physique et de leur morphologie, ainsi que pour des raisons matérielles de disponibilité de données : les communes de Besançon (117 000 habitants) et Lille (154 000 habitants) à laquelle s'ajoute une de ses communes limitrophes (Lambersart).

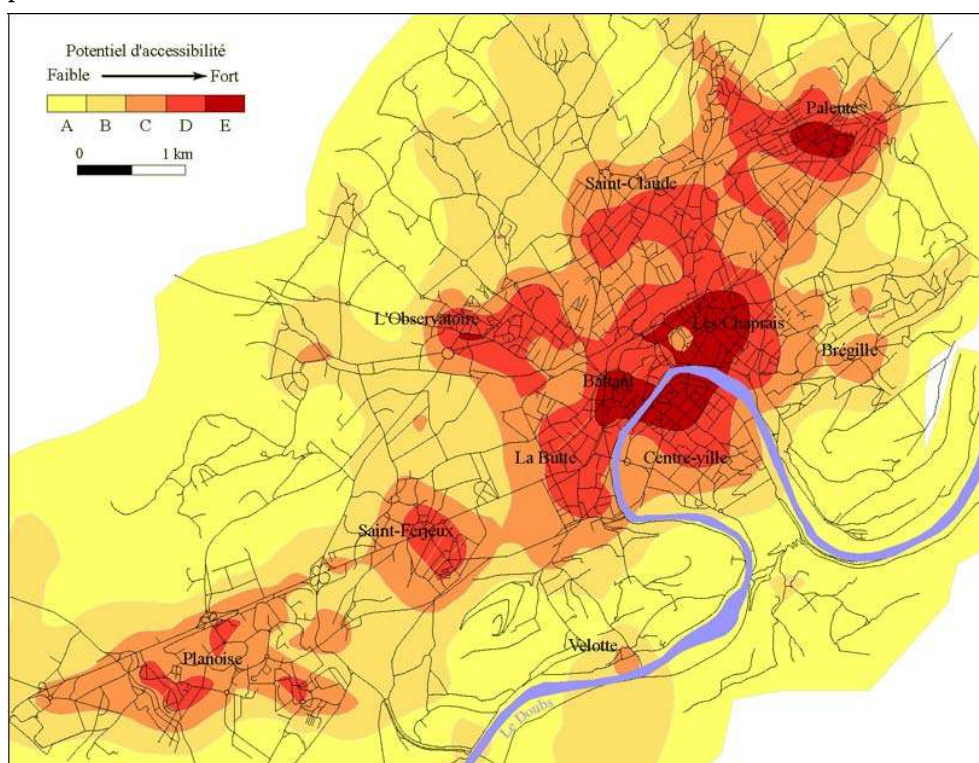
Construction d'un « potentiel d'usage de la marche » et protocole d'enquête

Mesurer l'aptitude de chaque lieu à inciter l'usage de la marche

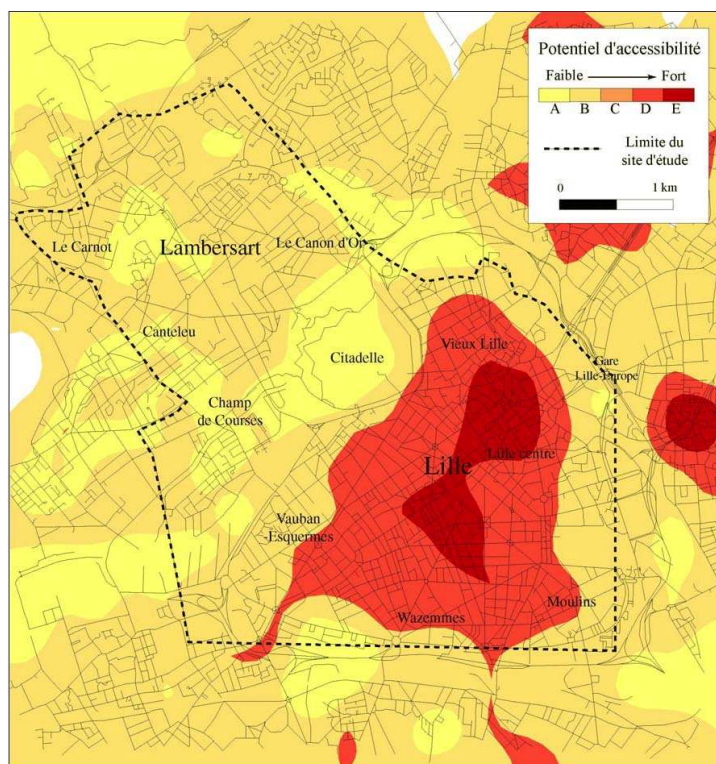
- 11 Si l'on s'en tient à des critères objectifs et mesurables, la qualité de l'offre de transport pour la marche à pied paraît fonction de la morphologie et de la topologie du réseau viaire support des déplacements. Plus, à partir d'un lieu donné, le réseau permet d'accéder de façon directe à un nombre important d'autres lieux, plus on peut considérer qu'il est propice à l'usage de la marche. A partir de cette définition très fonctionnelle de la qualité de l'offre de transport piétonnier, le « potentiel d'usage de la marche », qui synthétise la qualité d'accessibilité de l'offre piétonnière en un lieu, a été défini comme une fonction de l'accessibilité surfacique à partir de chaque point du réseau de rues. Il revient à évaluer au départ d'un lieu la surface accessible en 12 minutes depuis ce lieu en utilisant toutes les potentialités locales du réseau qui est parcouru à 5 km / h (vitesse de déplacement à pied communément admise dans la plupart des études sur la marche à pied). En pratique, on détermine tout d'abord l'ensemble des segments ou parties de segments de voirie accessibles au départ d'un point en 12 minutes à 5 km / h, puis on construit un polygone en calculant une zone tampon de 5 mètres de part et d'autre de ces segments ; la surface de ce polygone correspondant à la valeur du potentiel.
- 12 Les valeurs choisies pour le calcul du potentiel en font une mesure locale capable de saisir les variations, même faibles, de la qualité de desserte assurée par le réseau viaire, ce qui n'aurait pas été le cas si la valeur choisie pour la durée du déplacement avait été supérieure, un phénomène de lissage se produisant alors gommant tout changement local.
- 13 A partir des valeurs de potentiels calculés en un grand nombre de points, afin de saisir le maximum de variations locales (7000 pour Besançon et 10000 pour Lille), une interpolation spatiale de ces potentiels est effectuée par krigeage, méthode reconnue pour sa grande adaptation au contexte local (Cressie, 1991). Les strates des enquêtes sont ensuite obtenues par un découpage des valeurs en 5 classes, de A (faible potentiel) à E (fort potentiel) (figure 1).
- 14 L'observation des cartes de potentiel montre la grande variabilité spatiale de l'accessibilité offerte par le réseau pour la pratique de la marche à pied (les valeurs absolues variant dans un rapport de 1 à 10). Si elle est souvent relevée pour le mode automobile ou les transports en commun, cette variabilité de l'offre de transport ne l'est

que très rarement pour la marche à pied ou seulement d'un point de vue qualitatif (Gourdon, 1997).

- 15 Pour Besançon, les 5 classes de potentiels s'organisent globalement à partir du centre-ville vers la périphérie. Le centre historique se caractérise par la plus grande aptitude à favoriser la marche, grâce à une forte densité et une forte connectivité du réseau viaire. À l'inverse, les zones excentrées de milieu pavillonnaire, où souvent les réseaux s'organisent essentiellement autour d'une voie principale, ont les potentiels les plus faibles.
- 16 La ville de Lille, qui s'étend dans une topographie plutôt favorable, engendre des niveaux de potentiels en moyenne plus élevés qu'à Besançon. Le réseau de rues reste dense et bien connecté au-delà du centre et l'ensemble, malgré une décroissance du potentiel à partir de ce centre, apparaît très homogène. Au-delà de la Citadelle, seul relief notable, la commune de Lambersart affiche une moindre aptitude (théorique) aux déplacements pédestres.



Zones d'iso-potentiel sur le site de Besançon



Zones d'iso-potential sur le site de Lille

Figure 1. Le potentiel de marche à pied à Besançon et à Lille

Des données de mobilité à caractère spatial...

- 17 A partir de la stratification de l'espace fondée sur le potentiel d'usage de la marche à pied, des données sur les comportements de mobilité sont collectées. Les enquêtes transport traditionnelles laissent peu de place à la spatialisation des données et à l'analyse du mouvement lui-même, puisqu'elles collectent essentiellement des données sur les caractéristiques socioéconomiques des enquêtés, sur les motifs et fréquence des déplacements et sur les modes utilisés, en agrégeant ces données à l'intérieur de découpages préétablis (communal ou au quartier le plus souvent).
- 18 Au contraire de ces protocoles traditionnels, nous avons visé à recueillir des données qui soient le plus spatiales possible afin d'autoriser la palette d'analyses la plus large pour connaître la mobilité piétonnière dans tout son détail (notamment en utilisant les potentialités des systèmes d'information géographiques). Aussi avons-nous :
 - 19 – géoréférencé à leur domicile tous les enquêtés, afin d'étudier leurs comportements de mobilité dans un contexte géographique et d'offre de transport donné.
 - 20 – géoréférencé et numérisé les origines et destinations des déplacements ainsi que le détail des trajets correspondants. Cette information constitue le caractère le plus original et le plus riche des données collectées, puisqu'elle permet d'étudier les parcours en marche à pied pour analyser comment la population se déplace en milieu urbain, sans se focaliser sur les seules origines – destinations de ces trajets. Ont enfin été numérisées les destinations que l'enquêté ne rejoint pas à pied mais pour lesquelles il estime qu'il pourrait raisonnablement le faire.

- 21 Pour les deux enquêtes, seules les données de mobilité se rapportant à une « semaine type » ont été collectées. Ce choix permet de s'affranchir des déplacements exceptionnels qui auraient été inévitablement collectés en choisissant un jour particulier (le jour de l'appel par exemple). Il permet néanmoins de conserver un niveau de précision élevé, puisqu'un déplacement effectué une seule fois par semaine mais tout au long de l'année est par exemple pris en compte.
- 22 Pour des raisons de représentativité (satisfaire le quota de personnes à enquêter dans chaque zone de potentiel) et de coût (les enquêtes par entretien ont un faible rapport effectif /coût) les données sur les déplacements ont été collectées par téléphone. Les enquêteurs ont ainsi enregistré les modalités spatiales des déplacements en direct sur des tirages de plans des villes en s'aidant notamment de la localisation de points de repère connus de tous (monuments, édifices religieux, écoles, etc.) qui permettent de retranscrire avec très peu d'erreurs les parcours effectués, même lorsque les personnes s'avèrent incapables de mentionner les noms des rues empruntées.

Influence du potentiel d'usage de la marche sur les pratiques de mobilités piétonnières au départ du domicile

Quelques informations de cadrage sur les comportements de mobilité piétonnières

- 23 Un premier ensemble de traitements fournit quelques données de cadrage à un niveau agrégé sur le vécu des familles pratiquant la marche à pied.
- 24 Il apparaît tout d'abord que la proportion de marcheurs, c'est-à-dire d'enquêtés affirmant effectuer au moins un déplacement à pied par semaine, est importante puisqu'elle approche les 3/4 des 560 enquêtés de Besançon (74 %) et qu'elle les dépasse pour les 523 enquêtés lillois (90 %). Ces marcheurs effectuent de plus des trajets relativement longs. Leur moyenne dépasse en effet le kilomètre aussi bien à Lille qu'à Besançon (respectivement 1,07 et 1,14 km). Ces longueurs de trajets piétonniers s'avèrent toutefois marquées par une grande amplitude (de 100 mètres à plus de 6 km) et une forte variabilité, notamment en fonction des motifs de déplacement (de 1,8 km en moyenne pour le motif promenade, à 650 mètres pour le motif école). Concernant les motifs des déplacements, malgré des différences entre Lille et Besançon, on peut noter le poids écrasant du motif achat.

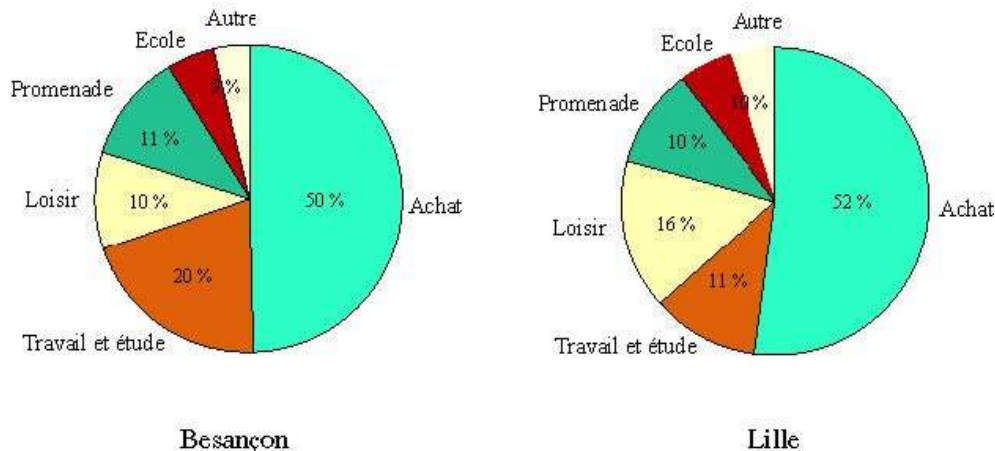


Figure 2. Part des motifs de déplacements pédestres

- 25 Si les comportements, à un niveau agrégé, varient qualitativement en fonction des motifs des déplacements, ils varient également quantitativement en fonction de l'âge des enquêtés. Il existe en effet une légère corrélation négative entre l'intensité de la pratique de la marche et l'âge. On remarque par ailleurs que les classes d'âge extrêmes (moins de 18 ans et plus de 60 ans) ont des comportements beaucoup plus homogènes que ceux des classes correspondant globalement à la population active.
- 26 Enfin, si le taux de motorisation des individus semble influencer légèrement les comportements de mobilité en marche à pied, il est remarquable de noter qu'aucune différence marquante en nombre de déplacements par personne ne peut être relevée ni en fonction du sexe, ni de la taille des ménages ou encore des catégories socioprofessionnelles.
- 27 Après ces premiers traitements de cadrage montrant l'influence, somme toute limitée, des caractéristiques individuelles sur les comportements de mobilité piétonnière, nous avons cherché à mesurer l'influence des caractéristiques structurelles de l'espace intra-urbain sur ces comportements, en testant l'hypothèse selon laquelle le niveau de potentiel en marche à pied détermine une partie des pratiques de mobilité piétonnière au départ du domicile.

Potentiel et intensité de l'usage de la marche au départ du domicile

- 28 Le nombre de déplacements piétonniers par personne et par semaine constitue un indicateur synthétique de l'intensité de l'usage de la marche. Pour le calculer en tenant compte non seulement du nombre de déplacements différents effectués par semaine mais aussi de leur fréquence, les classes de fréquences attachées à chaque trajet ont été transformées en valeurs réelles. Ainsi, un déplacement effectué plusieurs fois par semaine compte pour 3 déplacements, s'il est effectué une fois par semaine, il compte pour 1 déplacement, et pour 0,33 déplacement s'il l'est moins d'une fois par semaine.
- 29 Analysé à partir des données agrégées, le lien entre nombre de déplacements pondérés et niveau de potentiel apparaît assez net (figure 3). Cette relation non linéaire oppose avant tout les individus dont le potentiel est le plus faible à ceux pour qui il est le plus fort. Pour les situations intermédiaires si la relation existe bien elle apparaît toutefois moins marquée.

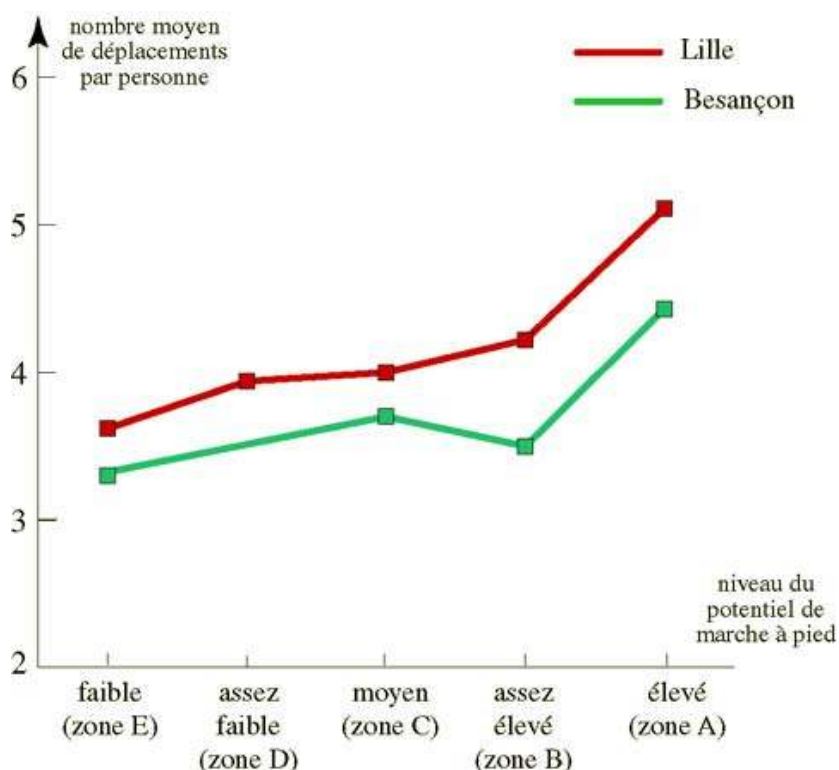


Figure 3. Lien entre potentiel et nombre moyen de déplacements par personne

- 30 Afin de pointer plus finement les disparités, on peut par exemple noter pour Lille, que si plus de 50 % des habitants de la zone A (fort potentiel) effectuent au moins 6 déplacements hebdomadaires à pied, seuls 27 % des habitants de la zone E (faible potentiel) ont un comportement similaire (tableau 2). À Besançon, les ordres de grandeurs et les écarts de comportement sont moindres mais la tendance reste identique puisque les proportions sont respectivement de 35 % en zone A et 20 % en zone E (tableau 1). Précisons qu'à Besançon, les différences de comportements selon le niveau de potentiel sont davantage marquées pour la classe de faible fréquence de déplacement ([0,33-3[) : en effet, un quart des bisontins de la zone E effectuent moins de 3 déplacements pédestres par semaine contre 7 % en zone A.

Potentiel de marche à pied	Nombre de déplacements hebdomadaires				Ensemble des trajets	Effectif total
	[0,33-3[[3-6[[6-7[7 et plus		
Élevé (zone A)	6,6	58,3	25,8	9,2	100	120
Assez élevé (zone B)	21,4	58,2	13,3	7,1	100	98
Moyen (zone C)	16,2	59,6	15,2	9	100	99
Faible (zone E)	24,2	55,7	15,7	4,2	100	95
Total	16,5	58	17,9	7,5	100	412

Tableau 1. Lien entre potentiel et nombre moyen de déplacements par personne (Besançon)

Potentiel de marche à pied	Nombre de déplacements hebdomadaires					Effectif total
	[0,33-3[[3-6[[6-7[7 et plus	Ensemble des trajets	
Élevé (zone A)	10	33,6	32,7	23,6	100	110
Assez élevé (zone B)	9,6	50,7	26,9	12,5	100	104
Moyen (zone C)	13,6	41,7	31,1	13,6	100	103
Assez faible (zone D)	7,7	53,8	27,9	10,6	100	104
Faible (zone E)	15	33,6	23	4	100	100
Total	11,1	47,4	28,4	13	100	521

Tableau 2. Lien entre potentiel et nombre moyen de déplacements par personne (Lille).

Les effectifs correspondent ici à des déplacements hebdomadaires, c'est-à-dire à la somme des trajets pondérés par leur fréquence comme indiqué au début du paragraphe 2.2.

- 31 A un niveau agrégé, il existe donc bien un lien entre niveau de potentiel et intensité de l'usage de la marche, mesurée en nombre de déplacements hebdomadaires par personne, même si la variabilité des comportements individuels au sein d'une même zone de potentiel tend à nuancer cette relation. L'application d'un modèle de régression linéaire aux données individuelles (nombre de déplacements et potentiel individuel) s'avère d'ailleurs peu concluante puisque le coefficient de corrélation est alors inférieur à 0,3 aussi bien pour Lille que Besançon.

Potentiel et longueur des trajets

- 32 La relation entre niveau de potentiel et longueur moyenne des déplacements montre que plus le niveau de potentiel décroît plus la longueur des trajets augmente, à l'exception de la zone D de Lille (figure 4). À nouveau les zones extrêmes s'opposent le plus nettement, la relation étant moins forte pour les zones intermédiaires.

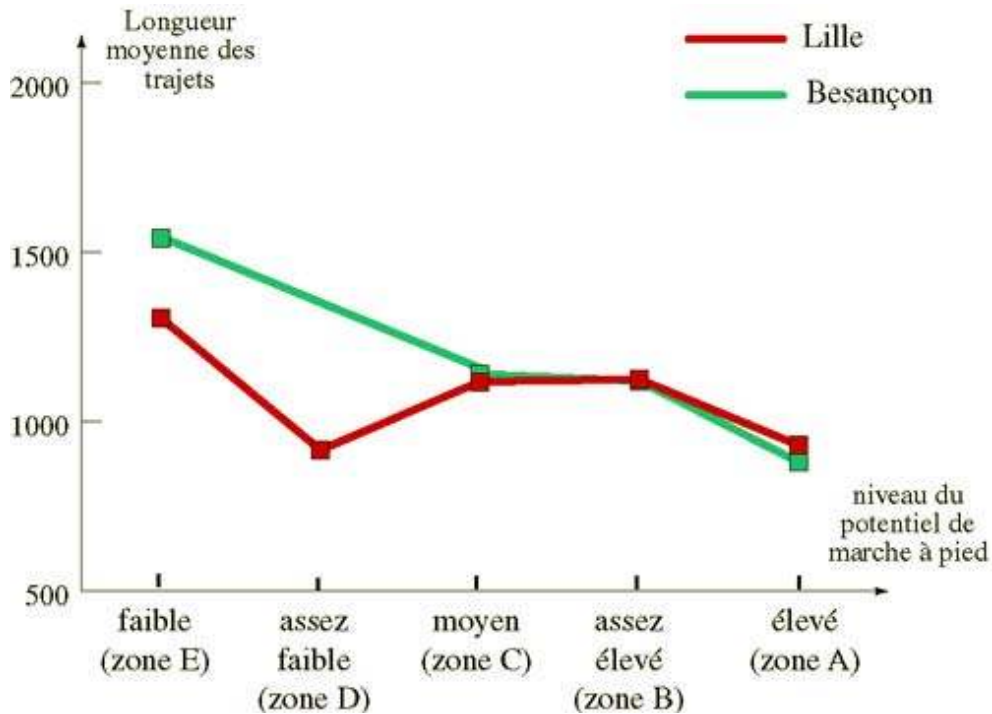


Figure 4. Lien entre niveau de potentiel et longueur moyenne des trajets

- 33 À Besançon, où les trajets sont en moyenne plus longs qu'à Lille, 40 % des trajets au départ de la zone E sont supérieurs à 1,5 km contre 10 % seulement en zone A. À Lille, les histogrammes de fréquence de ces deux zones ont des profils quasi-symétriques, illustrant ainsi les différences de comportements selon le niveau de potentiel (figure 5).

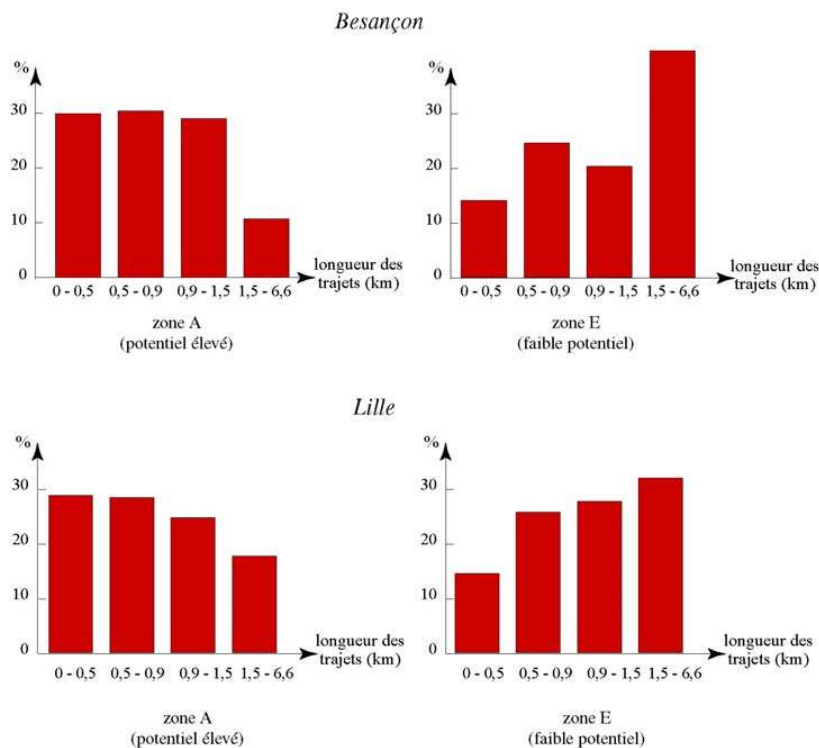


Figure 5. Longueur des trajets en zone A et E

- 34 On peut toutefois légitimement s'interroger sur l'origine de cette relation entre potentiel et longueur des déplacements : est-elle due au potentiel ou simplement au fait que la proximité aux destinations des trajets piétonniers va décroissante des zones A à E, c'est-à-dire à la distribution des activités et équipements qui constituent les buts des trajets.
- 35 Le calcul, pour Lille, de la moyenne des distances à vol d'oiseau entre domicile et destinations jointes à pied permet de lever l'interrogation. Cette moyenne est en effet quasiment égale pour les zones A, B, C et E (800 mètres) et elle ne varie de façon notable que pour la zone D (585 mètres). La longueur moyenne des trajets allant croissante des zones de haut potentiel vers les zones de bas potentiel (à l'exception de la zone D) sans que leur portée n'augmente simultanément, nous pouvons conclure que c'est bien la structure du réseau, son efficacité, qui introduit de la disparité dans les longueurs des déplacements piétonniers entre les différentes zones. Cette efficacité, mesurée par le rapport entre distance parcourue et portée des déplacements, diminue en effet fortement de la zone A à la Zone E en passant de 1,12 à 1,46.
- 36 Ainsi, le surcroît de pratique piétonnière dans les zones à bon potentiel apparaît-il très vraisemblablement comme la conséquence d'une efficacité supérieure du réseau. Favoriser l'usage de la marche à pied en ville pour lui redonner sa place en tant que véritable mode de déplacement semble donc devoir inévitablement passer par l'élaboration de cheminements piétonniers qui soient agréables et sûrs (critères qui cristallisent le plus souvent les préoccupations des aménageurs) mais aussi et surtout efficaces.

Analyser les trajets effectués par un autre mode que la marche pour mieux comprendre les comportements de mobilité piétonnière...

- 37 Afin de conforter cette mise en évidence de l'influence de la morphologie du réseau viaire sur les pratiques de mobilité, une analyse a été conduite à partir des destinations que les enquêtés jugent pouvoir raisonnablement joindre à pied, eu égard à leur distance par rapport au domicile, mais pour lesquelles ils préfèrent utiliser un autre mode que la marche. Pour ces couples domicile – destination(s) la portée du déplacement (distance à vol d'oiseau) a été calculée ainsi que la distance que l'enquêté aurait parcourue s'il avait effectivement réalisé le trajet à pied en allant au plus court chemin.
- 38 Un premier constat montre que ces trajets non effectués à pied (dits « trajet autres modes ») ont une portée moyenne 1,6 fois supérieure à celle des trajets piétonniers (respectivement 1472 m et 830 m). De plus, les motifs travail et achats sont ceux pour lesquels la portée des déplacements autres modes diffère le plus de celle des trajets piétonniers ayant les mêmes motifs. L'éloignement du lieu de travail ou d'achat apparaît donc comme un facteur particulièrement dissuasif pour l'usage de la marche, ce qui est moins le cas pour les autres motifs. L'explication tient sans doute au fait, pour le motif achat, qu'il est difficile de transporter des marchandises sur de longues distances et, pour le motif travail, que les contraintes horaires du matin impliquent un mode plus rapide, qui s'avère presque toujours être la voiture.
- 39 Précisons encore que si le potentiel n'explique pas du tout la part des différents motifs de déplacements, qui est stable d'une zone à l'autre, on remarque en revanche une

surreprésentation du motif travail dans les trajets autres modes comparativement aux trajets piétonniers (proportion double).

- 40 Ces premiers constats confirment que la marche est bien le mode de la proximité et que l'éloignement des destinations dissuade de l'usage de la marche, en particulier en ce qui concerne le motif travail.
- 41 Toutefois de nombreux trajets piétonniers ayant des portées ou longueurs dépassant nettement cette portée de 1472 mètres des trajets autres modes, nous avons cherché plus loin les raisons expliquant qu'une partie au moins de ces trajets ne s'effectue pas à pied. En calculant le rapport moyen entre distance parcourue sur le réseau et portée du déplacement (mesure de l'efficacité du déplacement) pour les trajets autres modes et pour ceux qui s'effectuent réellement à pied, on constate que rapport est respectivement égal à 2,27 et 1,19. Ainsi, pour les trajets autres modes le réseau obligerait à de multiples détours s'ils étaient réellement effectués à pied. Son efficacité est donc moindre pour ces trajets qu'elle ne l'est pour ceux effectivement réalisés à pied. On note de plus que cette efficacité inférieure du réseau pour les trajets autres modes décline des zones de haut potentiel vers les zones de bas potentiel (de 1,8 à 3,6)
- 42 Ainsi, si leur portée supérieure peut expliquer en partie que les trajets autres modes ne s'effectuent pas à pied, la faible efficacité du réseau sur ces origines – destinations spécifiques (particulièrement à partir des zones à bas potentiel) semble également jouer un rôle dissuasif important.
- 43 Si le potentiel d'usage de la marche, défini d'un point de vue fonctionnel, ne permet pas d'expliquer au niveau individuel l'ensemble des comportements de mobilité piétonnière au départ du domicile, il permet en revanche de montrer à un niveau agrégé l'effet incitatif sur l'usage de la marche que peut avoir la qualité de l'offre urbaine de transport piétonnier, indépendamment de tout autre facteur pouvant venir en complément, tels que l'agrément des cheminements ou encore leur sécurité.

Potentiel et déplacements exogènes

- 44 Le potentiel de marche à pied, défini à partir du domicile, détermine dans une certaine mesure l'usage de ce mode de déplacement. Cependant, calculé ponctuellement, il s'avère insuffisant pour rendre compte de toutes les pratiques effectuées. En effet, tel lieu de faible potentiel sera sans doute plus fréquenté par les piétons s'il est entouré de zones à fort potentiel que s'il l'est de zones à faible potentiel. C'est pourquoi on peut supposer que la fréquentation des marcheurs en un lieu, qui résulte de marcheurs locaux (pratique endogène) et de marcheurs en « transit » venant d'autres quartiers (pratique exogène), dépend du potentiel de ce lieu, mais aussi des valeurs de potentiel des zones environnantes. Dans cette perspective, nous cherchons à vérifier le rapport entre le niveau de potentiel local et le degré de fréquentation. Pour cela, des carroyages sont mis en place, dans lesquels chaque maille est caractérisée à la fois par son potentiel (issu d'une moyenne locale) et sa charge, qui équivaut à la somme des trajets la parcourant, pondérés par leur fréquence.

Le potentiel peut-il expliquer la fréquentation piétonnière locale ?

- 45 Techniquement, la mise en relation du potentiel avec le degré de fréquentation locale dépend de l'échelle spatiale définie par la taille des mailles du carroyage. Si globalement, cette relation est d'autant plus forte que les mailles sont grandes, des tests ont montré que des carreaux de 400 m de côté conviennent bien sur les deux sites, en assurant une relation forte tout en permettant de conserver un grand nombre de mailles et donc une précision spatiale importante. À Besançon, la forte corrélation positive ($r=0,85$) confirme le rôle incitateur du potentiel sur l'usage de la marche et permet de construire un modèle de régression où la charge des mailles est « expliquée » par le potentiel (figure 6).

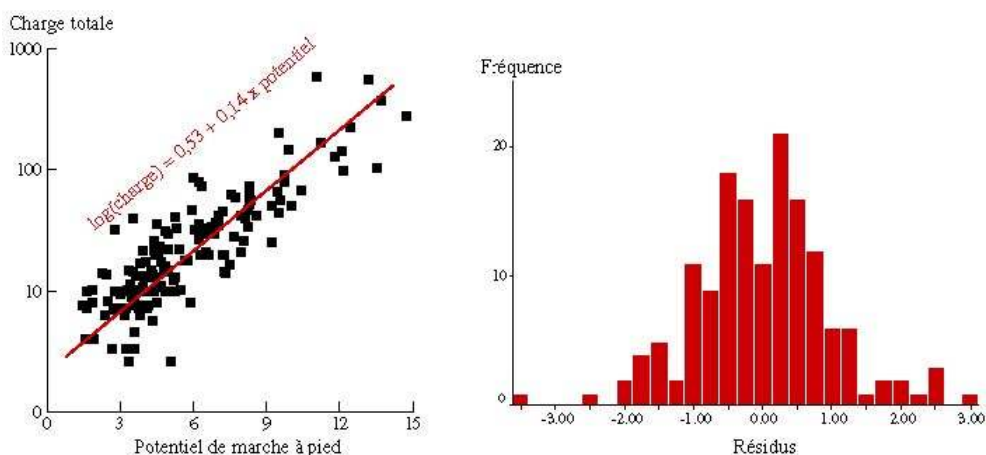


Figure 6. Modèle linéaire charge – potentiel pour le site de Besançon

- 46 Cependant, la carte qui combine les prévisions et les résidus (figure 7) montre que l'erreur ne se répartit pas de façon aléatoire dans l'espace. Les mailles à résidus positifs, qui correspondent aux lieux où les déplacements sont plus intenses que ne laisse supposer le modèle, se regroupent en deux zones principales : d'une part dans une partie du centre-ville, à l'intérieur de la boucle du Doubs ; d'autre part vers les quartiers de l'Observatoire et de Fontaine-Ecu. Les plus forts écarts négatifs apparaissent de façon dispersée, souvent en marge des zones habitées. D'autres résidus négatifs sont groupés au nord de la ville, centrés sur le quartier de Palente.
- 47 Diverses hypothèses peuvent être avancées pour expliquer ces écarts. La petite taille du centre historique, sa position centrale et en cuvette, la présence exclusive de certains commerces et services, la difficulté d'y circuler en voiture, d'y stationner son véhicule... toutes ces raisons expliquent, au-delà de la seule organisation de la voirie, son aptitude à encourager les déplacements pédestres. Les résidus positifs dans le quartier de l'Observatoire, où se trouve une partie de l'université de Franche-Comté, s'expliquent sans doute par cette forte présence d'étudiants, que l'on a vu être de « bons marcheurs », notamment sous la contrainte de leur faible taux de motorisation.

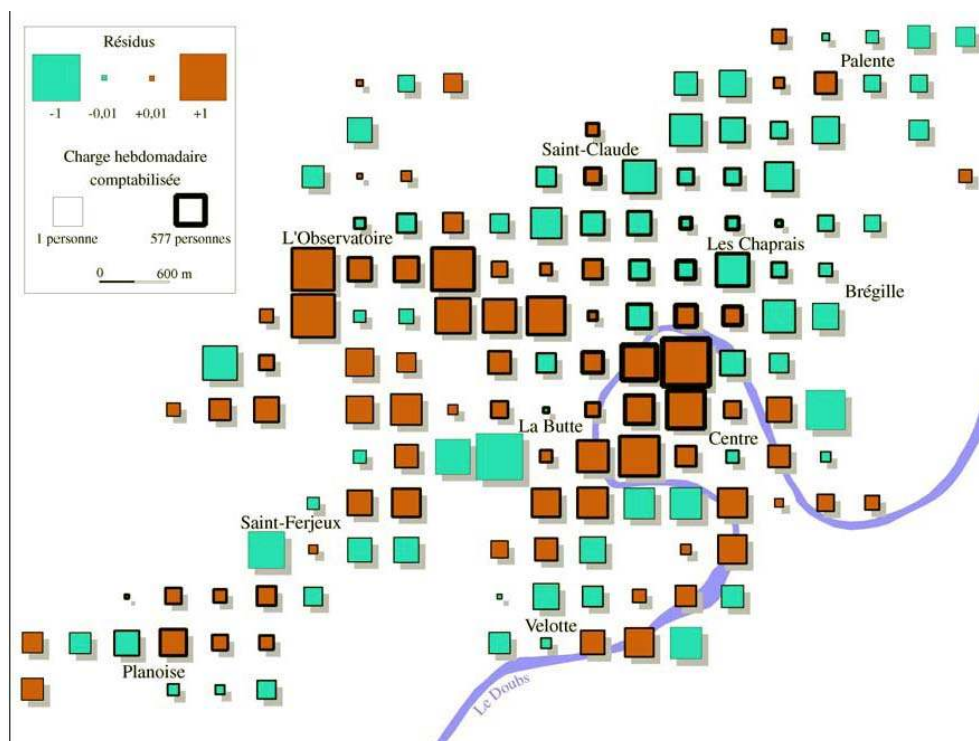


Figure 7. Carte des charges et résidus du modèle charge-potential à Besançon

- 48 L'explication des résidus négatifs est, quant à elle, plus simple, puisqu'ils se localisent essentiellement aux marges de certaines zones habitées où se trouvent des voies de circulation rarement parcourues à pied (accès forestiers aux forts, comme à Bregille ; bretelle entre rocade et pénétrante urbaine, entre Planoise et Saint-Ferjeux) ou même d'accès interdit (terrains militaires du Polygone, à l'ouest du centre-ville). Ces cas montrent la limite d'un potentiel de déplacement à pied calculé uniquement à partir du tracé de la voirie : certaines lacunes dans le bâti « habité » pouvant contenir des voies de circulation bien connectées, sans qu'elles soient pour autant parcourues.
- 49 Malgré une structure résiduelle qui ne valide pas complètement le modèle, le potentiel apparaît comme un facteur décisif de l'intensité de la fréquentation pédestre à Besançon. Toutefois, les mêmes analyses effectuées sur le site de Lille ne montrent pas une telle corrélation. Il est alors permis de supposer que la charge totale, qui représente l'agrégation de tous les motifs de déplacement, y résulte de plusieurs types de fréquentation pédestre, éventuellement contradictoires. En conséquence, des analyses plus fines consistent à décomposer la fréquentation en fonction de ces motifs pour étudier le rôle du potentiel.

Analyse de la fréquentation par motif de déplacement

- 50 Chaque motif donne lieu à un certain degré de fréquentation par maille. Plutôt que d'observer chaque relation unilatérale avec le potentiel, l'ensemble des liens est analysé simultanément par ACP². La structure principale est exprimée par les cercles des corrélations présentés sur la figure 8.

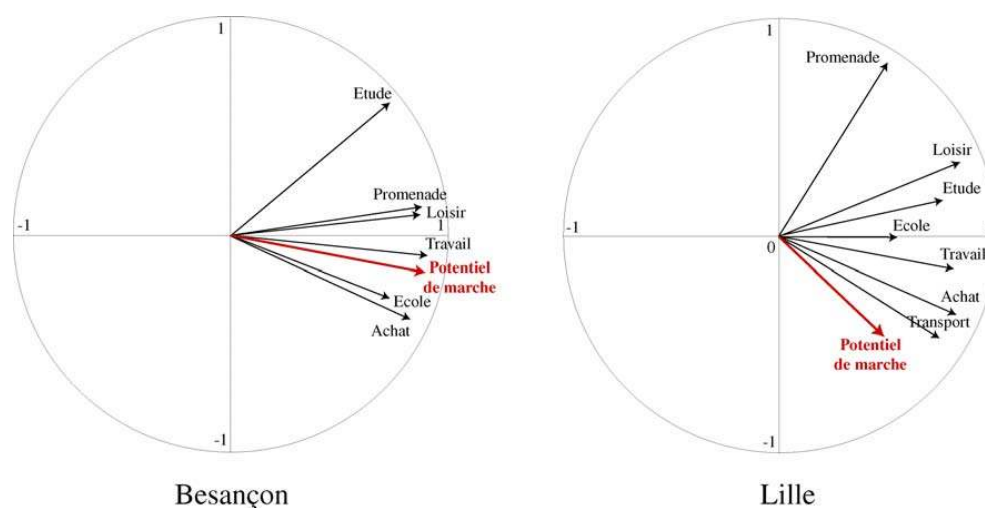
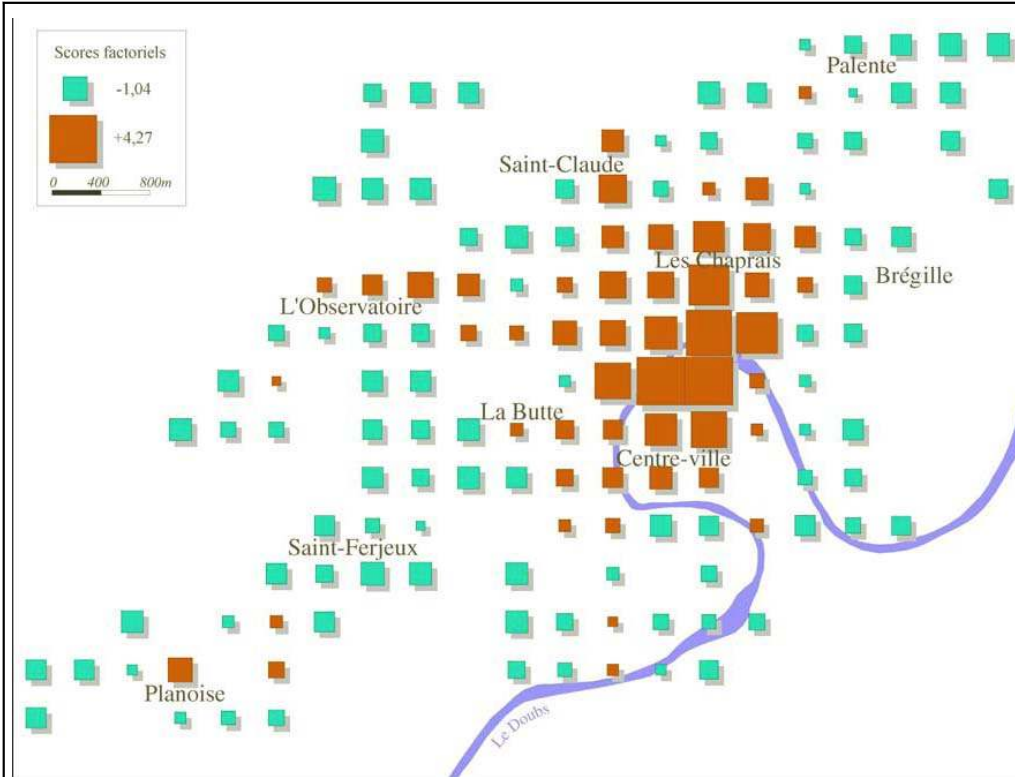
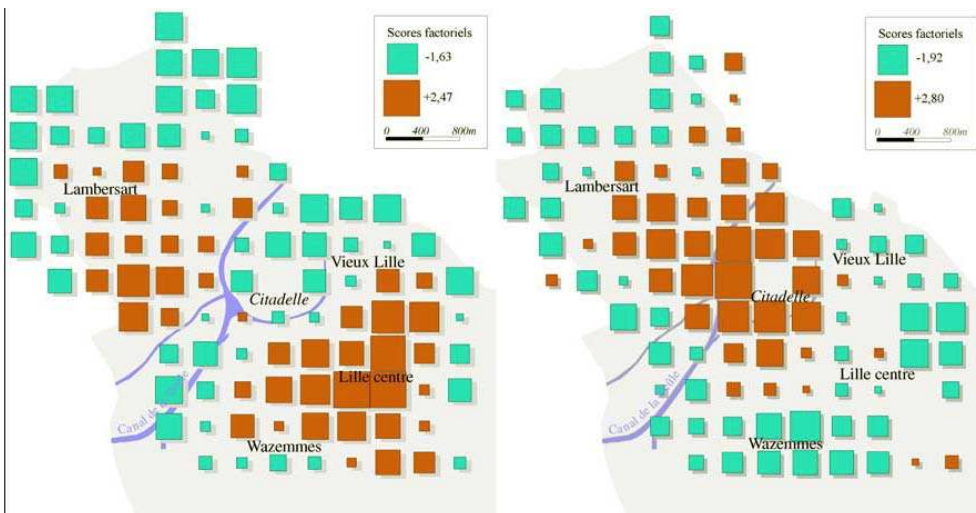


Figure 8. Structures des ACP des valeurs de charge par motif de déplacement

- 51 Dans l'ensemble, les motifs se positionnent en faisceaux, ce qui montre une disparité commune à Besançon et à Lille : au sein de ces villes certaines zones connaissent une forte intensité de déplacement (valeurs positives des abscisses) alors que d'autres sont tout à fait « oubliées » des marcheurs (valeurs négatives). Si cette opposition triviale était parfaitement expliquée par les différences de potentiel de marche à pied, cette variable se positionnerait au plus près de l'axe des abscisses, proche de la corrélation maximale, ce qui est davantage le cas à Besançon qu'à Lille.
- 52 Par ailleurs, en apparaissant nettement plus groupé, le faisceau de Besançon indique clairement que les trajets aux motifs différents produisent une occupation de l'espace très comparable, hormis le motif étude pour des raisons déjà évoquées. Dans cette ville où le centre cumule de nombreuses fonctions, les quais, les collines et la Citadelle proches du centre sont autant des objectifs de promenade que les forêts périphériques.
- 53 À Lille, le déploiement en éventail des variables montre qu'il n'y a pas de stricte coïncidence entre les espaces occupés par les différents motifs. La taille de l'agglomération lilloise donne à la ville entière une fonction de centre, à une échelle bien différente de celle de la capitale franc-comtoise ; il n'est donc pas surprenant d'y voir une pluralité de lieux polarisants, dont certains sont spécifiques de motifs précis de mobilité à pied. Le motif promenade est celui qui s'oppose le plus au potentiel et aux autres motifs, comme si ces déplacements tendaient à s'éloigner des flux aux fonctions utilitaires que sont le transport, les achats ou le travail.
- 54 Les cartes des axes factoriels confirmeront la différence entre les deux structures (figure 9). Ainsi, le potentiel est lié à une opposition centre-périphérie très radicale à Besançon, mais il n'est en revanche pas en phase avec tous les motifs de déplacements à Lille, où il est davantage associé à une fréquentation utilitaire localisée dans le centre des communes (facteur 1) et où il est inversement corrélé aux déplacements d'agrément situés hors des zones les plus fréquentées (facteur 2). Globalement, le potentiel n'est donc pas toujours strictement lié à l'ensemble des déplacements piétonniers, il peut être plus particulièrement associé à ceux dont les motifs sont qualifiés d'utilitaires.



Besançon : opposition forte fréquentation (rouge) / faible fréquentation (vert)



Lille : opposition forte fréquentation utilitaire (rouge) / Faible fréquentation utilitaire (vert)	Lille : opposition forte fréquentation agrémentale (rouge) / faible fréquentation agrémentale (vert)

Figure 9. Cartes des facteurs ACP des relations motifs / potentiel

Fréquentation, potentiel et occupation du sol

- 55 Par rapport au potentiel d'accessibilité qui est relié de façon très directe aux possibilités de déplacements pédestres, l'occupation du sol n'est pas liée à la mobilité de façon aussi directe. Certes la position des bâtiments ou des espaces verts et, plus généralement, la configuration du paysage urbain participent pleinement aux critères favorables ou défavorables des déplacements, mais toujours à travers des trajets qui empruntent la voirie. Isoler les facteurs d'occupation du sol des cheminements piétonniers revient donc à considérer chaque lieu selon de simples caractères géométriques ou surfaciques, en supposant que ceux-ci sont révélateurs d'un certain fonctionnement ou d'une certaine ambiance paysagère. Partant de là, nous tentons à nouveau de comprendre les variations de la fréquentation pédestre.
- 56 La mise en place des informations est la suivante (figure 10) : pour les deux sites, le carroyage est superposé à une couche d'occupation du sol simplifiée en 4 catégories (bâti, espaces verts, cours d'eau, sols nus). Dans chaque maille sont calculés un grand nombre de descripteurs surfaciques (environ 120) tirés de l'imagerie (Foltête, 1999) ou de l'écologie du paysage (MacGarigal et Marks, 1995), appliqués à l'ensemble des catégories ou globalement. Des tris par corrélations avec les valeurs de charge permettent ensuite de trouver les critères de forme liés à la fréquentation.

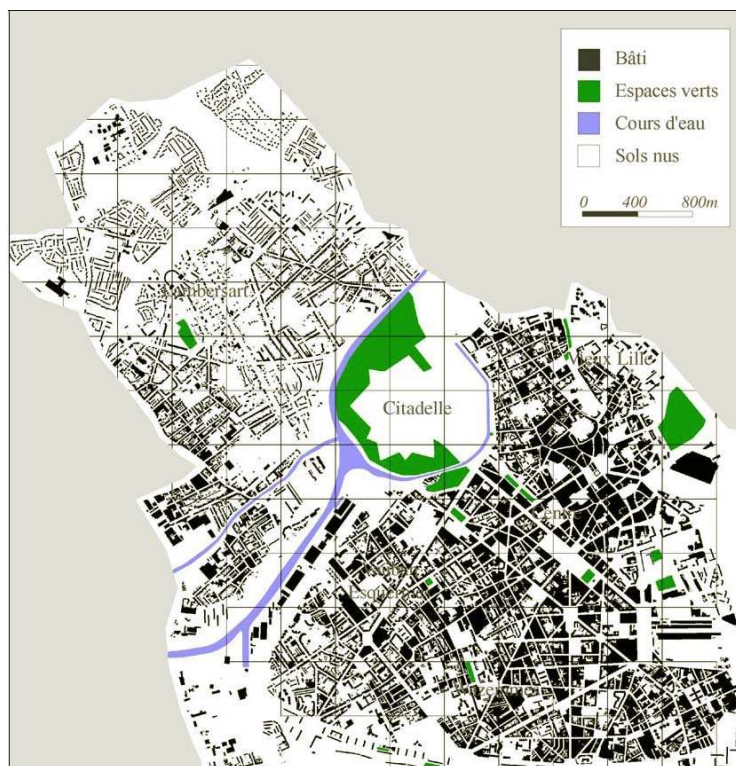


Figure 10. Exemple de carroyage superposé à une image d'occupation du sol à Lille

- 57 Globalement les corrélations s'avèrent plus fortes à Besançon, différence déjà constatée à propos du rapport charge-potentiel. Malgré ces écarts de valeurs absolues des

corrélations, il est remarquable de noter que parmi la centaine de descripteurs proposés, nous retrouvons à peu près les mêmes variables sur les deux sites, avec une bonne correspondance entre leur rang respectif. Cette similitude est particulièrement grande pour les corrélations positives. Ainsi, à Besançon ($r=0,71$) comme à Lille ($r=0,56$), l'intensité du « trafic pédestre » apparaît en premier lieu et de façon logique liée positivement à la densité de la surface bâtie. En effet, cette densité équivaut à un degré d'activité anthropique, qui sans inclure le détail des générateurs de déplacements (commerces, services, etc.), représente toutefois avec une assez bonne pertinence la concentration fonctionnelle des lieux centraux des villes.

- 58 Le site de Besançon se distingue ensuite par une deuxième série de descripteurs moins fortement corrélés, qui indique le rôle favorable de l'allongement des polygones de bâti vis-à-vis de la pratique pédestre. Il est vrai que cette ville au passé militaire comporte en son centre de nombreux bâtiments très allongés, dont une partie a vu sa fonction devenir administrative. À l'inverse, l'alignement très régulier des bâtiments à Lambersart, dans des zones indifféremment fréquentées ou non, explique la moindre corrélation de ces variables sur le site nordiste.
- 59 Suivant l'ordre décroissant des corrélations et concernant cette fois les deux villes, viennent ensuite les descripteurs d'une certaine fragmentation des formes, qui expriment une forte variabilité spatiale des types d'occupation du sol. Associés à la dimension fractale du bâti, ils signifient que les lieux de forte fréquentation pédestre sont de forme complexe, irrégulière, qu'ils contiennent des éléments dont les limites sont tortueuses, ce qui s'oppose aux formes régulières, « compactes », où les éléments ont davantage des tracés rectilignes.
- 60 Des modèles de régression multiples peuvent être mis en place pour expliquer la charge à partir des descripteurs d'occupation du sol. À Besançon, trois descripteurs permettent d'atteindre 62 % de variance expliquée. Ce résultat reste moyen, d'autant que les résidus présentent une structure spatiale tout à fait singulière. Plus intéressante est la combinaison de ces descripteurs avec la valeur de potentiel utilisée dans la partie précédente. Des régressions par étapes, qui permettent de minimiser la colinéarité entre les variables explicatives, montrent d'abord une certaine redondance entre le potentiel et la densité du bâti, si bien que cette dernière n'est pas retenue dans les modèles (figure 11).

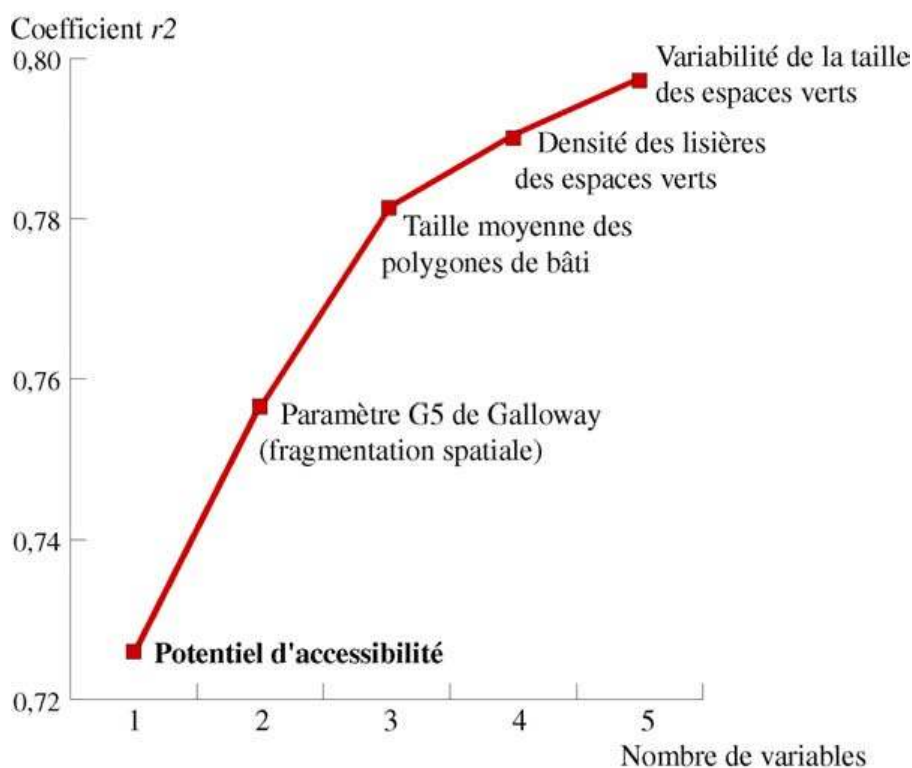


Figure 11. Modèle charge – potentiel - occupation du sol : courbe du coefficient r^2 en fonction des variables introduites.

- 61 Les descripteurs associés au potentiel sont davantage révélateurs de formes spécifiques :
- 62 - la fragmentation des surfaces s'avère le plus important caractère surfacique non lié au potentiel.
- 63 - la taille moyenne des bâtiments se place ensuite en élément correctif, peut-être pour distinguer la fragmentation du bâti en milieu pavillonnaire (charge faible) de celle des sols nus dans le centre ancien (forte charge).
- 64 - l'intégration de descripteurs relatifs aux espaces verts montre que plusieurs aspects du paysage urbain sont ensuite mis en combinaison. Toutefois, la courbe de progression du coefficient invite à retenir plutôt le modèle à 3 variables explicatives ($r^2=0,78$).
- 65 L'intégration de l'occupation du sol dans les analyses de la fréquentation pédestre permet de compléter les résultats obtenus à partir du potentiel. La densité du bâti s'avère nettement corrélée à la charge pédestre, mais ce descripteur spatial est tout à fait redondant avec le degré d'accessibilité exprimé par le potentiel. L'allongement du bâti, héritage du passé militaire de Besançon, est également liée positivement sans que son véritable rôle puisse être vraiment défini. En revanche, la fragmentation de l'occupation du sol semble un critère favorable à la marche et complémentaire de la notion de potentiel d'accessibilité. Enfin, la présence d'espaces verts reste un facteur secondaire qui concerne certains motifs de déplacements comme les promenades.

Conclusion

- 66 Chercher à expliquer les pratiques de mobilité en marche à pied par la seule morphologie urbaine, et plus précisément par la variation spatiale de la qualité d'accessibilité qu'elle fournit aux piétons, peut de prime abord sembler être une hypothèse un peu fruste, tant il semble probable que d'autres déterminants, notamment socioéconomiques, jouent un rôle nettement plus central. Toutefois, en élaborant un indicateur très fonctionnel décrivant la qualité de l'accessibilité piétonnière en chaque lieu, puis en observant son influence sur les pratiques effectives de mobilité piétonnière, cette recherche a permis de nuancer cette apparente évidence en pointant le rôle essentiel joué par la morphologie dans la détermination des comportements de mobilité. Nous avons ainsi pu montrer que la qualité d'accessibilité fournie par le réseau viaire au départ du domicile explique bien, à un niveau agrégé, une partie de l'intensité de l'usage de la marche et une partie de ses caractéristiques, notamment en termes de longueurs des trajets. Par ailleurs, l'analyse des trajets effectués par un autre mode que la marche mais qui pourraient raisonnablement l'être, eu égard à leur portée, a montré le rôle incitateur joué par l'efficacité du réseau dans le choix d'utiliser ou non la marche comme mode de déplacement. Ainsi, pour que la marche (re)devienne un véritable mode de déplacement en ville et non une simple activité de loisir, il paraît certes important d'assurer l'agrément et la sécurité des cheminements piétonniers, mais surtout de se soucier de leur efficacité, en assurant par exemple une plus grande perméabilité piétonnière des structures urbaines.
- 67 Le potentiel d'usage de la marche à pied au départ du domicile s'est toutefois avéré insuffisant pour rendre compte de toute la complexité des comportements au niveau individuel, notamment parce que les individus se déterminent aussi par rapport au potentiel des zones qui les entourent ou qu'ils ont à traverser. Ainsi, en calculant des potentiels locaux de marche à pied dans des mailles carrées et en les mettant en relation avec l'intensité du trafic piétonnier correspondant, qu'il soit interne à la maille ou de transit, nous avons pu identifier un lien entre ces deux variables. Toutefois, ce modèle simple de détermination de la charge par le potentiel, en plus de ses variations locales, n'a donné que de médiocres résultats pour Lille car, contrairement à Besançon, les espaces fréquentés pour les différents motifs y sont très variables. Ce n'est alors qu'en décomposant la charge par motif que nous avons pu constater qu'en réalité le potentiel est d'abord et surtout lié à la fréquentation piétonnière relevant de déplacements utilitaires (achats, travail...). Enfin, la fragmentation et la complexité des structures sont apparues comme des descripteurs de l'occupation du sol qui, en complément du potentiel, agissent comme des éléments favorables à la marche.
- 68 Ainsi, si la morphologie urbaine ne permet pas d'expliquer l'ensemble des comportements individuels, elle apparaît en revanche jouer un rôle indéniable en tant que déterminant des pratiques de mobilité piétonnière d'un point de vue quantitatif. La poursuite de ces travaux par des recherches plus qualitatives sur la diffusion spatiale des marcheurs et sur leurs perceptions de l'espace tend de plus à montrer que la configuration des espaces de vie construits en marche à pied dépend également partiellement d'éléments liés à la morphologie urbaine.

- 69 Aussi, la morphologie urbaine, indépendamment de toutes considérations sur l'offre de transport mécanisée, paraît-elle devoir être pris davantage en compte par un urbanisme qui se fixerait comme objectif un meilleur partage modal.

NOTES

1. "the three measures traditionally employed to predict pedestrian volumes : population density, income, land use-distribution and intensity, are individually and together insufficient to explain pedestrian volumes..." mais qu'au contraire le "site design carries the most explanatory power in defining pedestrian volumes"
2. Analyse en Composantes Principales normée sur des tableaux de n mailles de carroyage * p motifs de déplacement. Le potentiel des mailles est réintroduit en variable passive

RÉSUMÉS

L'objectif de ce travail est de mieux comprendre les déterminants de la mobilité quotidienne en marche à pied. Il est fondé sur l'hypothèse selon laquelle la morphologie urbaine conditionne partiellement les comportements de mobilité piétonnière en définissant la qualité de l'accessibilité à pied. La vérification de cette hypothèse s'appuie sur des données originales portant sur les déplacements pédestres quotidiens à Besançon et à Lille. Ces données décrivant les pratiques en marche à pied, y compris les parcours empruntés, ont été collectées grâce à deux enquêtes téléphoniques, puis implémentées dans un Système d'Information Géographique.

Conformément à l'hypothèse de travail, il s'avère qu'une bonne qualité d'accessibilité pour le mode piétonnier au départ du domicile a tendance à favoriser quantitativement la pratique de la marche à pied. L'analyse des trajets possibles à réaliser à pied mais effectués par un autre mode conforte ce rôle de la structure, en montrant notamment que l'efficacité du réseau de voirie influence les pratiques piétonnières, en particulier le choix modal. Par ailleurs, l'intensité du trafic pédestre (qu'il soit local ou de transit) s'avère dépendre partiellement de la qualité de l'accessibilité piétonnière locale et ce d'autant plus que la structure urbaine s'organise autour d'un centre unique. Enfin, parmi les descripteurs de l'occupation du sol susceptibles d'expliquer la fréquentation des marcheurs, la fragmentation spatiale se révèle jouer un rôle important comme incitateur à l'usage de la marche.

The aim of this paper is to better understand the decisive factors of the daily walking practices in urban areas. It is based on the hypothesis that the urban morphology determines partially the walking practices by producing the quality of the pedestrian accessibility. The test of this hypothesis uses original data for Besançon and Lille. These data, describing walking practices, including the itineraries, have been collected through two telephone surveys and implemented in a Geographical Information System. According to our work hypothesis, it turns out that high

accessibility for pedestrians from their homes tends to promote the use of walking. The analysis of the travels which could be done on foot, but which are actually done by an other mean of transportation, confirms the role of the structure: it shows that the efficiency of the street network influences the walking practices, particularly the modal choice. Besides, the level of pedestrian traffic, either local or transit, turns out to depend partly on the quality of the local pedestrian accessibility, all the more because the urban structure is organised around a single centre. Finally, among the geometrical criteria of the ground occupation likely to account to the pedestrian traffic, the spatial fragmentation appears to be an influential variable to emphasise the use of walking.

INDEX

Keywords : pedestrian, accessibility, urban morphology, daily mobility

geographyun 908, 926, 250

Mots-clés : déplacement piéton, accessibilité, morphologie urbaine, mobilité quotidienne

AUTEURS

CYRILLE GENRE-GRANDPIERRE

UMR CNRS ESPACE, Université d'Avignon, 74 rue Louis Pasteur 84029 Avignon, FranceEmail :
cyrille.genre-grandpierre@univ-avignon.fr

JEAN-CHRISTOPHE FOLTÊTE

UMR CNRS Théma, Université de Franche-Comté, 32 rue Mégevand 25000 Besançon, FranceEmail
: jean-christophe.foltete@univ-fcomte.fr