



Place Saint-Laurent / source : photo de l'auteur, prise le 9 juillet 2021

Priorisation de projets de réaménagement des espaces publics lausannois

Application de l'aide à la décision par l'analyse multicritères

Marie Chardonnens

Juillet 2021

Master conjoint HES-SO/UNIGE – MDT /
domaine développement territorial

Orientation Urbanisme opérationnel

Directeur/trice : Prof. Florent Joerin
Expert/e : Caroline Chausson

Mémoire n° : 1004



UNIVERSITÉ DE GENÈVE **Hes·so**
Haute Ecole Spécialisée de Suisse occidentale

RÉSUMÉ

Ce travail traite de l'aide à la décision par l'analyse multicritères, abrégée AMCD, dans le domaine de l'aménagement du territoire. Il s'inspire de la thèse de M. Francis Marleau Donais, doctorant à l'Université Laval au Québec. Alors que M. Marleau Donais se penche sur l'utilisation de l'AMCD dans le cadre du transport durable et de l'aménagement de rues conviviales dans la ville de Québec, ce travail s'intéresse à l'apport de l'AMCD dans le cas d'une priorisation de projets de réaménagement des espaces publics lausannois. En effet, depuis quelques années, la Ville de Lausanne se préoccupe sérieusement de ses espaces publics. Elle a récemment développé une nouvelle politique des espaces publics et dispose déjà d'un paquet de projets. C'est à ce moment que la Ville est intéressée à découvrir ce que peuvent apporter les méthodes d'AMCD, notamment dans la façon de prioriser ces différents projets. Par conséquent, ce travail présente une application concrète de deux méthodes d'AMCD distinctes à l'attention de la Ville de Lausanne, avec qui une collaboration soutenue a été entreprise.

Premièrement, un cadre théorique concernant l'aide à la décision par l'analyse multicritères est posé, afin de permettre à tout lecteur intéressé d'en comprendre les fondements.

Deuxièmement, une étude du contexte aménagiste lausannois, historique et actuel, est proposé pour mieux comprendre la situation autour de la problématique de base.

Finalement, l'application concrète des deux méthodes d'AMCD retenues est exposée selon les quatre étapes clés de l'AMCD : le choix des espaces publics à comparer, la détermination des critères, l'évaluation de chacun des espaces retenus et l'agrégation des jugements. Des séances avec la Ville jalonnent le processus pour maintenir la coopération. De plus, la méthodologie est expliquée et les résultats obtenus commentés.

AVANT PROPOS ET REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé dans le cadre du quatrième et dernier semestre du cursus de master conjoint MDT de la HES-SO, en orientation urbanisme opérationnel,

Tout d'abord, je tiens à remercier M. Florent Joerin, professeur à la HES-SO, pour son encadrement, son suivi et ses conseils.

Je tiens à remercier vivement Mme Caroline Chausson, cheffe de projet Stratégie des espaces publics à la Ville de Lausanne, pour sa précieuse collaboration au cours de ce travail. Je remercie également tous ses collègues de la Ville de Lausanne qui ont pris le temps de participer à la séance et de répondre aux sondages en ligne.

Je remercie également M. Olivier Sobrie pour sa disponibilité et ses éclairages au sujet de l'installation du plugin Electre-Tri.

Finalement, je tiens à remercier Mmes Martine Rumo et Mégane Corminboeuf pour leur relecture et leurs précieux conseils.

TABLE DES MATIERES

Résumé	i
Avant propos et remerciements	ii
Liste des figures	vi
Liste des abréviations	vi
Introduction	1
Présentation du travail	2
Définition de la problématique.....	2
L'aide à la décision par l'analyse multicritères	4
Bref historique	4
Les différentes approches philosophiques du « problème »	5
L'objectivisme	5
Le subjectivisme	5
Le constructivisme	5
Le processus de décision et ses acteurs	6
Les familles de méthodes d'AMCD	7
1. Dresser la liste des solutions envisageables.....	7
2. Dresser la liste des critères.....	7
3. Juger chacune des solutions selon chaque critère	8
4. Agrégation des jugements	8
Bilan	11
Etablissement du contexte	12
Présentation de la ville de Lausanne	12
Evolution historique	13
Contexte actuel	14
Le plan directeur PDCom	14
Le plan général d'affectation PGA.....	15
Le Plan climat	16
COnstatations de l'étude réalisée par le bureau Quantis.....	16
Objectifs et mesures de la Ville	16
Bilan	17
La nouvelle politique des espaces publics	18
Etude et recommandations.....	18
Réflexions autour de la nouvelle politique	19
Bilan	20
Les grands projets	20
Pôle Gare	21
Métamorphose	22
Mise en souterrain du LEB.....	23
Riponne-Tunnel	24
Bilan de la situation	25
Législature 2016-2021.....	25

Législature 2021-2026.....	25
Les espaces publics lausannois	3
Définition.....	3
La gestion des espaces publics à Lausanne	3
Outils, méthodes et rendus	26
Problématique et formes du rendu.....	26
Utilisation d'Electre-Tri et de QGIS.....	27
Utilisation de la moyenne pondérée prudente	28
SIG : système d'informations géographiques	28
Les SIG et l'AMCD en aménagement du territoire.....	30
Les méthodes Electre.....	31
Fonctionnement global des méthodes Electre	32
Electre-Tri	34
La moyenne pondérée prudente.....	35
MacBeth	36
Application sur le cas lausannois	37
1. Dresser la liste des objets de comparaison	37
1.1 Représentation cartographique	37
1.2 Choix des sites par la Ville.....	38
2. Dresser la liste des critères.....	41
2.1 Identification des acteurs et définition des objectifs	41
2.2 Définition des Critères	42
3. Juger chacune des actions selon chaque critère.....	44
Récolte des données selon chaque critère.....	44
Sondage sur la pondération et les préférences des acteurs	50
Pondération des critères	51
4. Agrégation	52
Electre-Tri	52
Moyenne pondérée prudente	53
Analyse et critique des résultats.....	54
Comparaison des résultats	55
Analyse de sensibilité.....	57
Electre-Tri	57
Moyenne pondérée prudente	59
Dernières constatations et critique des méthodes.....	61
Remarques personnelles de l'auteure	63
Limites du travail et ouvertures	64
Limites	64
Ouvertures.....	65
Conclusion.....	66
Sources et bibliographie.....	67

Sources des figures	69
Annexes.....	71
Annexe I : liste définitive des critères.....	71
Annexe II : fichier Excel « résultats ».....	76
Annexe III : liens des sondages en ligne	76
Annexe IV : fichier Excel « MPP »	76

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : types d'échelles	7
Figure 2 : degré de surclassement d'une action par rapport à une autre	10
Figure 3 : déroulement d'un processus d'AMCD	11
Figure 4 : démarche participative accompagnant la révision du PGA	15
Figure 5 : temporalité de l'analyse effectuée par Gehl architects	18
Figure 6 : périmètre Pôle Gare.....	21
Figure 7 : futur tracé reliant le Flon à Renens	23
Figure 8 : projet de mise en souterrain du LEB	24
Figure 9 : exemple de rendu "thermomètre".....	27
Figure 10 : exemple de rendu cartographique	27
Figure 11 : exemple d'attributs liés à une donnée vectorielle.....	28
Figure 12 : paramètres Electre, les différents seuils	31
Figure 13 : l'action A surclasse l'action B	32
Figure 14 : l'action B surclasse l'action A	32
Figure 15 : les actions A et B sont indifférentes entre elles.....	33
Figure 16 : les actions A et B sont incomparables entre elles.....	33
Figure 17 : fonctionnement du surclassement dans Electre-Tri.....	34
Figure 18 : exemple de rendu cartographique pour le choix des sites.....	37
Figure 19 : Rue Centrale.....	38
Figure 20 : place de la Navigation	38
Figure 21 : place de la Sallaz	38
Figure 22 : Rue Marterey	38
Figure 23 : route du Pavement	39
Figure 24 : Rue des Terreaux.....	39
Figure 25 : place du Tunnel.....	39
Figure 26 : quartier des Fleurettes	39
Figure 27 : Avenue d'Echallens.....	40
Figure 28 : Rue de la Pontaise	40
Figure 29 : avenue Mon-Repos	40
Figure 30 : liste des objectifs en lien avec les espaces publics	41
Figure 31 : première liste de critères établie, base des réflexions lors de la séance .	42
Figure 32 : liste de critères définitive	43
Figure 33 : digitalisation de la surface de canopée	46
Figure 34 : comptage du mobilier urbain	47
Figure 35 : comptage des bâtiments classés/inventoriés avec zone tampon	48
Figure 36 : digitalisation des façades commerciales	49
Figure 37 : calculs du rapport emplois/habitants	49
Figure 38 : exemple de seuil d'indifférence	50
Figure 39 : données du fichier "résultats" transférées sur QGIS	52
Figure 40 : paramétrages du plugin Electre-Tri	52
Figure 41 : résultats issus du plugin Electre-Tri.....	53
Figure 42 : résultats des calculs de la moyenne pondérée prudente	54
Figure 43 : niveaux de satisfaction globale.....	54
Figure 44 : mise en commun des résultats	55
Figure 45 : analyse de sensibilité sans canopée.....	59
Figure 46 : analyse de sensibilité avec perméabilité modifiée	60
Figure 47 : analyse de sensibilité avec seuils réhaussés.....	60
Figure 48 : analyse de sensibilité avec seuils adaptés	60

LISTE DES ABRÉVIATIONS

AMCD : aide à la décision par l'analyse multicritères

SIG : systèmes d'informations géographiques

PGA : plan général d'affectation

PDCom : plan directeur communal

TL : transports publics lausannois

LEB : Lausanne-Echallens-Bercher

INTRODUCTION

De nos jours, le domaine de l'aménagement du territoire évolue en permanence. De nouvelles préoccupations, principalement sociales et environnementales, émergent et prennent de plus en plus d'importance au sein des politiques aménagistes. Pour répondre à ces nouveaux défis, des outils et procédures apparaissent et se banalisent, par exemple les démarches participatives. L'aide à la décision multicritères, bien que moins commune pour l'instant, en fait également partie. Un nombre croissant de travaux se saisissent de ce genre de procédé et en démontrent une application, très souvent dans des domaines liés à l'aménagement du territoire. Ainsi, ce travail de master est directement inspiré de l'un de ces travaux, à savoir la thèse de M. Francis Marleau Donais, doctorant à l'Université Laval au Québec. Son travail se penche sur la problématique d'intégration de la notion de transport durable lors de réaménagements de rues. En effet, la Ville de Québec, pour laquelle M. Marleau Donais produit son étude, apporte une attention particulière au concept des rues conviviales : « une rue complète (conviviale) est conçue pour répondre aux besoins d'un maximum d'usagers, peu importe leur âge et leurs capacités : piétons, cyclistes, personnes à mobilité réduite, usagers du transport en commun, automobilistes, camionneurs, véhicules d'urgence, etc. »¹. Le transport durable est donc intimement lié à ce concept, cependant, Francis Marleau Donais constate que les projets réalisés ne se rapprochent pas toujours de cette vision de la mobilité. Ainsi, sa thèse de doctorat explore « l'utilisation de l'AMCD pour améliorer les processus décisionnels liés au réaménagement des rues »², en intégrant le transport durable.

Présentée de façon sommaire, l'aide à la décision par l'analyse multicritères est une science qui intervient lors d'un processus de décision, dans lequel sont impliqués plusieurs acteurs aux intérêts différents. Les objectifs de ces acteurs sont identifiés et traduits sous forme de critères afin d'évaluer les variantes disponibles, d'un projet d'aménagement par exemple. La communication entre intervenants est primordiale, les résultats peuvent être rediscutés avec les différents acteurs et les paramètres liés aux méthodes d'AMCD éventuellement modifiés pour offrir une nouvelle proposition aux décideurs. Ainsi, l'analyse multicritères est souvent un procédé itératif.

Le but de ce travail est de proposer un modèle de priorisation pour les projets de réaménagement des espaces publics à la Ville de Lausanne. Pour y parvenir, plusieurs étapes sont mises en place.

Dans un premier temps, un cadre théorique concernant l'aide à la décision par l'analyse multicritères sera posé, d'une façon à rendre les notions abordables à la Ville de Lausanne. Dans un second temps, une étude du contexte dans lequel s'insère ce travail sera effectuée, afin d'identifier les objectifs et enjeux aménagistes de la Ville de Lausanne, concernant ses espaces publics. Finalement, une application concrète de méthodes d'aide à la décision par l'analyse multicritères sera exécutée, afin d'aboutir sur un modèle de priorisation pouvant être réutilisé ultérieurement.

¹ <https://centdegres.ca/magazine/amenagement/amenager-des-rues-conviviales-a-la-quebecoise-nouveaux-outils-pour-des-projets-reussis/>

² Marleau Donais F. (2021), *Intégrer le transport durable dans les processus décisionnels pour le réaménagement de rues Application de l'aide multicritère à la décision*, p.II.

PRÉSENTATION DU TRAVAIL

DÉFINITION DE LA PROBLÉMATIQUE

Ce travail de Master s'articule autour d'une application de méthodes d'analyse multicritères comme aide à la décision sur un cas concret, concernant la requalification progressive des espaces publics dans la ville de Lausanne. La problématique, définie en collaboration avec les services techniques lausannois, repose sur la priorisation des nouveaux projets de transformation des espaces publics, au fur et à mesure qu'ils se présentent. En effet, pour de multiples raisons, que ce soit financières ou techniques, il est impossible de lancer conjointement tous les chantiers de requalification d'espaces publics. Ainsi, en établissant un système qui permettrait de prioriser les projets par ordre de « gain de qualité » lors de leur exécution, il serait plus facile à la Municipalité de planifier ce genre d'interventions dans le temps et d'y affecter les moyens financiers à disposition.

A ce titre, une première stratégie de priorisation a été mise en place par la Ville lors de la législature 2016-2021. Pour les projets intervenant dans la prochaine législature, à savoir 2021-2026, la Ville a jugé intéressant d'observer ce que les méthodes d'analyse multicritères peuvent proposer, à travers ce travail. Ainsi, à mesure de l'avancement du travail, une collaboration régulière avec la Ville de Lausanne permettra de lui proposer au final un modèle de priorisation, faisant intervenir les systèmes d'informations géographiques (SIG), en complément de méthodes d'analyse multicritères.

Toutefois, avant de traiter de la problématique à proprement parler et de la méthodologie mise en place pour y répondre, une mise en contexte est nécessaire. Aussi, un bref cadre théorique concernant l'aide à la décision par l'analyse multicritères est posé au chapitre suivant et une observation de la situation urbaine lausannoise, historique et actuelle, sera rédigée par la suite afin de permettre au lecteur, qu'il soit aguerri ou non, de se saisir de la problématique et de son contexte.

LES ESPACES PUBLICS LAUSANNOIS

Tout d'abord, il semblait important de poser une définition précise de l'espace public afin de comprendre plus clairement quelles parties du territoire sont concernées par ce terme.

DÉFINITION

« L'espace public désigne l'ensemble des espaces (généralement urbains) destinés à l'usage de tous, sans restriction. Il peut ainsi s'agir de tout espace de circulation (réseau viaire) ou de rassemblement (parc, place...). Au sens large, cette notion peut s'étendre aux espaces à caractère public ou semi-public qui relèvent de droit privé, mais sont accessibles à tous (par exemple, certains espaces commerciaux). L'espace public est à distinguer du domaine public, qui représente les terrains (et autres immeubles) appartenant de droit à une autorité publique, sans être nécessairement accessibles au public. »³

LA GESTION DES ESPACES PUBLICS À LAUSANNE

La gestion des espaces publics lausannois incombe principalement au service des routes et de la mobilité, bien que d'autres services puissent être concernés, comme le service de l'urbanisme ou le service des parcs et domaines.

Certains projets d'envergure, par exemple le projet Métamorphose, ont fait l'objet de la création d'un bureau exclusivement dédié.

Pour la Ville de Lausanne, « l'espace public a la fonction de structurer la ville et d'agir sur la qualité de vie des habitants et usagers en tant que support de la mobilité, lieu de socialisation et de déploiement des activités culturelles et commerciales. »⁴ A ce titre, le service de la mobilité agit non seulement sur les infrastructures routières et de transports publics, mais aussi sur la conception et l'entretien du domaine public et des équipements urbains liés.

Plusieurs démarches inclusives sont organisées par la Ville, telles les balades exploratoires ou les forums d'échanges pour intégrer la population dans les réflexions liées au développement futur des espaces publics lausannois, qui reposent directement sur les enjeux environnementaux et sociaux issus du Plan climat et de la nouvelle politique des espaces publics.

³ <http://collectivitesviables.org/sujets/espace-public.aspx>

⁴ <https://www.lausanne.ch/officiel/administration/culture-et-developpement-urbain/urbanisme/a-propos/organisation.html>

L'AIDE À LA DÉCISION PAR L'ANALYSE MULTICRITÈRES

L'aide à la décision par l'analyse multicritères, abrégée AMCD, se définit comme « l'activité de celui qui, prenant appui sur des modèles clairement explicités mais non nécessairement complètement formalisés, aide à obtenir des éléments de réponse aux questions que se pose un intervenant dans un processus de décision, éléments concourant à éclairer la décision et normalement à recommander, ou simplement à favoriser, un comportement de nature à accroître la cohérence entre l'évolution du processus d'une part, les objectifs et le système de valeurs au service desquels cet intervenant se trouve placé d'autre part. » (Roy et Bouyssou, 1993). Exprimé plus communément, l'AMCD cherche à répondre à un questionnement de base par une approche principalement basée sur des critères, autour desquels s'articulent diverses opérations mathématiques, permettant notamment de considérer les préférences des acteurs concernés par la problématique. L'AMCD est une technique des science d'aide à la décision, car elle ne cherche pas une solution optimale, mais plutôt un consensus incluant au mieux les avis souvent divergents de chaque acteur. Plusieurs méthodes ont été développées, comprenant chacune des avantages et inconvénients. Ainsi, lors d'une application concrète d'AMCD, le dialogue entre les différents intervenants est primordial tout au long du processus, d'abord afin de choisir la méthode la plus adaptée au cas et aux exigences concernant les résultats, ensuite pour ajuster les multiples paramètres de calcul au plus proche de la perception réelle des acteurs face à la problématique de base.

BREF HISTORIQUE

Pour comprendre les origines de l'AMCD, il est nécessaire de remonter bien avant son apparition, dans les années 40. En effet, l'AMCD est issue d'une science plus ancienne, la recherche opérationnelle.

La recherche opérationnelle est une science mathématique, principalement développée au cours de la seconde guerre mondiale, afin d'apporter un regard scientifique sur les problématiques logistiques et militaires (Vincke, 1991). Cette discipline s'apparente à une fonction d'optimisation, sur un ensemble de solutions possibles. En d'autres termes, la recherche opérationnelle vise à trouver un optimum, ou la meilleure solution à un problème de base. Cependant, vers les années 70, les critiques envers la recherche opérationnelle se multiplient. Outre le fait que la recherche opérationnelle ne permette pas de prendre en compte les divergences d'opinions des acteurs, qui ne peuvent être agrégés en une unique fonction, le modèle mathématique dont elle est issue est jugé comme ne correspondant pas à la réalité (Vincke, 1991). Schärli (1985) lui reproche également de chercher à optimiser ce qui n'est pas détachable de son environnement.

Ainsi, l'analyse multicritères a éclos dans ce contexte de critique de l'optimisation et s'est depuis répandue dans de nombreux domaines. Au fil des ans, plusieurs méthodes sont apparues et aujourd'hui encore, des professionnels font émerger de nouvelles pratiques et connaissances.

LES DIFFÉRENTES APPROCHES PHILOSOPHIQUES DU « PROBLÈME »

La recherche opérationnelle, tout comme l'AMCD, sont des sciences qui s'articulent autour d'un problème et s'intéressent aux façons de le traiter et de le résoudre. Landry (1995) distingue trois approches philosophiques différentes.

L'OBJECTIVISME

L'objectivisme est un courant philosophique principalement porté par Ayn Rand (1926), après la première guerre mondiale. D'un point de vue objectiviste, le monde est issu de trois axiomes principaux⁵ :

- Axiome d'existence : quelque chose existe, qui est perceptible ;
- Axiome d'identité : chaque chose est spécifique et agit selon sa nature ;
- Axiome de la conscience : les choses sont perçues par la conscience, ces perceptions reflètent la réalité, la conscience ne précède pas l'existence.

L'objectivisme considère que la réalité existe par elle-même et que la connaissance vient par l'expérience. Dans un contexte de traitement d'un problème, l'approche objectiviste consiste à affirmer que les problèmes existent par eux-mêmes et que seuls les faits comptent pour les appréhender.



LE SUBJECTIVISME

La théorie du subjectivisme est bien souvent associée à Descartes et avance que le monde existe par la pensée d'un sujet, par la conscience qu'on lui donne. Ainsi, la réalité est observée par un être pensant, selon une structure de pensées, et l'on y voit finalement ce que l'on y cherche. Selon une approche subjectiviste, les problèmes n'existent pas par eux-mêmes, un problème que personne n'a soulevé n'en est pas un⁶. L'appréhension d'un problème repose davantage sur les points de vue de chacun que sur des faits concrets.



LE CONSTRUCTIVISME

La théorie du constructivisme, imaginée par Piaget dès 1923, s'intéresse à la relation entre la réalité, ses objets et le sujet. Pour connaître un objet, le sujet agit sur lui. Ainsi, les connaissances sont construites par le sujet pour s'adapter à la réalité. Le constructivisme avance les éléments suivants :

- La réalité existe et le sujet s'adapte à la réalité ;
- Pour s'adapter il produit des connaissances ;
- Pour connaître l'objet, il agit sur l'objet ;
- Les problèmes ne sont ni donnés, ni créés, ils sont retenus par le sujet.



Les hypothèses à l'origine des méthodes d'analyse multicritères s'inscrivent a priori dans ce courant, le constructivisme. En effet, quelle que soit la méthode d'analyse multicritères utilisée, l'interaction entre acteurs est centrale et, au fur et à mesure du processus, chaque acteur produit des connaissances qui peuvent faire évoluer sa perception de la problématique. Les paramètres de préférences propres à chaque méthode ne sont donc pas figés et évoluent en parallèle des moments d'interaction forts du processus. L'analyse multicritères est donc bien souvent itérative.

5 <https://www.wikiberal.org/wiki/Objectivisme>

6 <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/subjectivisme/75041>

LE PROCESSUS DE DÉCISION ET SES ACTEURS

Etant donné que l'analyse multicritères est considérée comme un outil d'aide à la décision, il semble intéressant de développer le processus de décision, pour en assimiler les mécanismes et identifier les types d'intervenants.

Bien que la décision incombe généralement à un décideur clairement identifié, elle résulte d'interactions entre de nombreux acteurs, au cours d'un processus de décision. Ainsi, Roy et Bouyssou (1993) identifient trois catégories d'acteurs.

Premièrement, ils distinguent les intervenants, qui influent directement sur la décision par leurs objectifs et leurs interventions. Ensuite, ils mentionnent les agis, désignés comme ceux qui subissent les conséquences engendrées par la décision. Finalement, ils nomment l'homme d'étude, chargé de l'application de la méthode d'analyse multicritères et des calculs liés.

Généralement, seuls les intervenants et l'homme d'étude prennent pleinement part à l'analyse multicritères. Les agis peuvent être intégrés à différents degrés, par exemple par le biais d'une démarche participative. Cependant, leur influence sur le processus reste moindre.

La décision et le processus y relatif sont difficilement séparables, puisque la décision finale découle d'une synthèse des temps forts ayant marqué l'ensemble du processus de décision. De plus, Roy et Bouyssou (1993) avancent qu'une décision, considérée comme idéale aux yeux de tous les acteurs, ne correspond que rarement à la solution d'un problème. En effet, la décision s'apparente davantage à un compromis, acceptable par tous les acteurs, sans forcément les satisfaire pleinement. Dans ce contexte consensuel, une part d'arbitraire ne peut évidemment être exclue. Les méthodes d'analyse multicritères permettent entre autres d'éviter l'arbitraire au profit de l'objectif et du subjectif.

Dans la pratique, l'analyse multicritères intervient encore peu en dehors des sphères professionnelles du domaine, car elle n'est a priori pas encore très connue du grand public. Toutefois, en aménagement du territoire, elle devient de plus en plus fréquente. De plus, les décideurs, que ce soient des privés, municipaux ou politiciens utilisent ce genre de méthodes pour apporter une sorte de justification technique, afin de légitimer leurs décisions.

Les aspects théoriques de ces diverses méthodes d'analyse multicritères, mentionnées depuis le début du présent travail, font l'objet du chapitre suivant. Elles ne sont évidemment pas toutes décrites, ni même citées, puisque le but n'est pas de les étudier en profondeur, mais simplement de permettre au lecteur de comprendre leur fonctionnement global. La/les méthode(s) utilisée(s) au moment de la partie opérationnelle de ce travail seront décrites plus précisément en temps voulu.

LES FAMILLES DE MÉTHODES D'AMCD

Les problèmes relatifs au domaine de l'analyse multicritères se posent généralement de manière identique, il s'agit de trouver la solution la plus adaptée à un questionnement de base. Pour y parvenir, de nombreuses méthodes ont été élaborées, mais les grandes étapes sont identiques pour chacune d'entre elles (Schärlig, 1985).

1. DRESSER LA LISTE DES SOLUTIONS ENVISAGEABLES

Les solutions envisageables correspondent aux actions potentielles, en termes techniques d'analyse multicritères. Une action potentielle est une action jugée provisoirement réaliste par un acteur au moins (Roy, 1985). Les actions listées ne s'excluent pas forcément l'une et l'autre. De plus, l'ensemble des actions potentielles n'est pas considéré comme complet et peut fluctuer au cours de l'analyse, selon l'émergence de nouvelles idées ou de changements d'opinions chez les acteurs.

2. DRESSER LA LISTE DES CRITÈRES

Pour répondre à la logique de l'analyse multicritères, la liste des critères se doit d'être exhaustive, afin de cerner le problème dans son intégralité et éviter la focalisation sur une seule de ses facettes. Cette étape nécessite une réflexion poussée de la part des acteurs impliqués, afin que les critères ne soient pas le fruit de choix arbitraires, mais qu'ils reflètent les conséquences des actions potentielles et permettent de mesurer la satisfaction des objectifs de chacun. De plus, plusieurs conditions sont explicitées par les chercheurs dans la littérature, afin qu'un critère puisse être considéré comme tel. Ainsi, selon Ralph Keeney et Howard Raïffa (1976), une liste de critères doit être exhaustive, opérationnelle, non-redondante, décomposable et minimale. Bernard Roy (1975) quant à lui mentionne la cohérence, l'exhaustivité, la non-redondance et l'indépendance. A terme, toutes ces conditions ne sont pas forcément applicables dans la réalité. Les critères doivent surtout avoir un sens (à minimiser ou maximiser), une méthode d'évaluation, une raison (il doit pouvoir être possible de justifier le choix d'un critère, par exemple en le mettant en relation avec les objectifs des acteurs) et une échelle nominale, ordinale ou cardinale, afin de pouvoir les évaluer lors de l'analyse.

Les types d'échelle de mesure

échelle	opérateurs math. applicables	notions intervenantes	exemple
nominale	aucun	pas d'ordonnement possible	chien, chat
ordinale	> < =	ordonnement	bon, moyen, mauvais
cardinale	> < = + - /	ordonnement et proportionnalité	distance [m], coût [chf]

Figure 1 : types d'échelles

L'utilisation d'une échelle nominale ne peut servir qu'au classement, autrement dit à répartir les objets à évaluer dans des catégories. Aucune analyse mathématique ne peut être effectuée, puisqu'il est impossible d'additionner ou d'établir une relation de supériorité, par exemple entre les catégories « chien » et « chat ».

L'échelle ordinale permet, en plus de classer les objets dans des catégories, de les ordonner, par exemple du plus satisfaisant au moins satisfaisant.

Finalement, l'échelle cardinale fait intervenir la notion de proportion et permet ainsi de réaliser tous types d'opérations mathématiques.

3. JUGER CHACUNE DES SOLUTIONS SELON CHAQUE CRITÈRE

Lors de cette troisième étape, les actions potentielles sont évaluées selon chaque critère. C'est à ce stade de l'analyse que les préférences des acteurs peuvent être traduites à l'aide de différents outils, selon la méthode utilisée. Ainsi intervient notamment la notion de pondération, afin de déterminer l'importance des critères les uns par rapport aux autres. Certaines méthodes préconisent l'utilisation de différents seuils pour ajuster les préférences des acteurs impliqués dans le processus de décision. Enfin, dans certains cas où il est trop complexe de travailler avec des poids, des rangs peuvent être attribués aux actions potentielles, afin de les ranger par ordre de préférence. En fin de compte, cette troisième étape a pour but de mesurer l'ensemble des conséquences des actions potentielles. Concrètement, les acteurs sont sollicités durant cette étape pour noter, par exemple, chaque variante d'un projet selon chacun des critères qualitatifs qu'ils ont définis ensemble auparavant. Les autres paramètres techniques, souvent difficilement abordables pour des non-professionnels, sont généralement ajustés par l'homme d'étude après discussion avec tous les acteurs pour cerner leurs préférences. Ces paramètres ne sont pas figés et peuvent facilement faire l'objet de plusieurs itérations jusqu'à correspondre au mieux aux attentes réelles des acteurs.

4. AGRÉGATION DES JUGEMENTS

Dans cette quatrième étape, la question principale qui se pose est : comment comparer les actions ou solutions, et identifier celle qui semble la plus adaptée ? Bernard Roy (1975) a mis en évidence trois attitudes principales observées dans la résolution d'un problème multicritères, permettant ainsi une première réflexion pour classer les méthodes en familles :

1. La première attitude consiste à combiner les jugements, en cherchant à mesurer la satisfaction par rapport à chaque action potentielle. Ce point de vue revient à accepter la commensurabilité des critères, qui est plutôt opposée à l'approche multicritères, ceci constitue la faiblesse de cette première attitude.
2. La seconde attitude préconise la comparaison d'actions potentielles l'une avec l'autre, afin d'établir une relation de surclassement pour chaque paire d'actions. L'incomparabilité et l'intransitivité (une relation qui lie un premier terme à un second, et ce dernier à un troisième, ne les lie pas forcément tous de la même façon) sont ici respectées, afin d'être plus proche de la réalité, en dépit de la clarté du résultat, ceci représente le point faible de cette seconde attitude.
3. La troisième attitude est observée sur des ensembles d'actions potentielles de dimensions bien plus importantes que pour les deux attitudes précédentes, pouvant même aller jusqu'à l'infini. Dans un tel cas, une solution aussi bonne que possible est recherchée dans un premier temps. Ensuite, une seconde recherche est effectuée par itération autour de cette première solution, afin d'en trouver une encore plus adaptée, si possible. Les méthodes découlant de cette attitude abandonnent une vision globale de la problématique, et c'est en cela que réside leur faiblesse principale.

En plus des attitudes précédemment citées, Bernard Roy (1975) propose une seconde typologie qu'il juge complémentaire pour identifier les familles de méthode d'AMCD et choisir la plus adaptée dans chaque cas.

Ainsi, il expose quatre problématiques, déterminées par la question principale que l'on peut se poser devant un ensemble d'actions potentielles :

1. Quelle est l'action la plus satisfaisante ? Dans un tel cas, les acteurs veulent exercer un choix. L'analyse aura donc pour but de rechercher les actions les plus satisfaisantes parmi l'ensemble de départ, afin de pouvoir désigner, in fine, la plus adéquate. Roy la nomme problématique du choix et la désigne par la lettre grecque alpha.
2. A quelle catégorie appartient telle ou telle action ? Ici, la volonté qui transparaît est celle de trier les actions, afin de séparer les bonnes des mauvaises, en formant une liste. Les méthodes apparentées à cette problématique, dite de tri et désignée par la lettre bêta, cherchent à affecter chacune des actions potentielles à une catégorie préalablement définie.
3. Comment ordonner les actions ? L'idée dans cette troisième problématique, appelée problématique de rangement et désignée par la lettre grecque gamma, est de ranger les actions potentielles de la moins bonne à la plus satisfaisante. Pour ce faire, les actions sont regroupées en classes d'équivalence préétablies selon les préférences des acteurs du processus de décision.
4. Roy mentionne une quatrième problématique, qui est de décrire les actions. Cette dernière reste toutefois anecdotique car elle n'est pratiquement pas utilisée et ne débouche sur aucune méthode.

Les deux typologies exposées ci-dessus permettent finalement d'affirmer l'existence de trois grandes familles de méthodes d'analyse multicritères. Parmi toutes ces méthodes, aucune n'est absolue, puisque chacune bénéficie d'avantages et de défauts qui lui sont propres. Le choix de la méthode à appliquer dépend donc essentiellement du cas à traiter et de l'environnement dans lequel il s'insère.

1. Agrégation complète

La première famille de méthodes, comme cité dans la première attitude, mélange tous les jugements pour les agréger en une seule fonction d'utilité. Ici, les jugements sont considérés comme transitifs, c'est-à-dire que la relation qui lie le premier à un second et ce dernier à un troisième, lie de la même façon le premier au troisième. La méthode la plus connue de cette famille est la moyenne pondérée prudente, qui présente comme désavantages d'accepter la compensation entre critères et d'être très sensible aux changements d'échelle (Ben Mena, 2000). D'autres méthodes moins utilisées peuvent aussi être mentionnées comme appartenant à cette première famille : le *goal-programming* (Ignizio, 1978, Spronk, 1981), les déclassements comparés (Le Boulanger, Roy, 1970), les méthodes "politiques" (dictature, hiérarchie, démocratie parfaite), MAUT (Multiple Attribute Utility Theory) (Fishburn 1970, 1982, Keeney, Raiffa, 1976), UTA (Utilités Additives) (Jacquet-Lagrece, Siskos, 1982).

2. Agrégation partielle

La seconde famille de méthodes appréhende partiellement les conséquences des divers jugements, d'où le terme « d'agrégation partielle ». Les méthodes appartenant à cette famille comparent les actions deux à deux afin d'établir une relation de surclassement claire entre elles : a surclasse b si elle est au moins aussi bonne que b sur une majorité de critères, sans être nettement plus mauvaise par rapport aux autres critères (Ben Mena, 2000). Prométhée, ainsi que les différentes variations d'Electre, sont des exemples de méthodes affiliées à cette seconde famille.

Exemple :

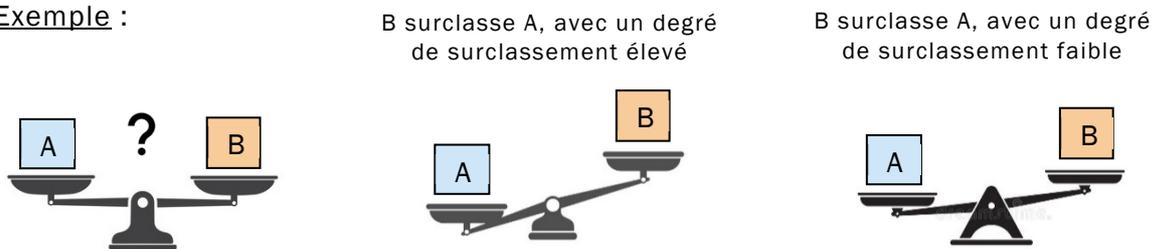


Figure 2 : degré de surclassement d'une action par rapport à une autre

Attention, deux actions peuvent être incomparables (aucun surclassement) ou indifférentes (A surclasse B et B surclasse A, cette situation est rendue possible par la pondération notamment).

3. Agrégation locale

La dernière famille de méthodes se base sur la recherche locale d'une action encore plus satisfaisante autour d'une action initialement retenue.

L'itération est au centre du processus, et chaque phase d'itération peut être décomposée en trois phases distinctes (Roy, 1975 ; Schärliig, 1985) :

- Phase de recherche : afin de mieux cerner les préférences du décideur, l'homme d'étude se base sur les informations obtenues lors de l'itération précédente ;
- Phase de réinitialisation : l'homme d'étude élabore une nouvelle proposition en se servant de toutes les informations recueillies et la soumet au décideur ;
- Phase de réaction : le décideur évalue la dernière proposition et l'homme d'étude se sert de ce nouveau jugement pour l'itération suivante. La démarche est considérée comme terminée une fois que le décideur assure être satisfait.

A priori, la ou les méthodes qui seront appliquées dans le cadre de ce travail appartiendront à la première et/ou à la seconde famille. Selon les premières réflexions, Electre Tri et la moyenne pondérée prudente semblent adaptées à la problématique, applicables dans le temps imparti et relativement accessibles techniquement. Pour confirmer ces choix, quelques tests « de viabilité » seront sans doute effectués.

En résumé, l'analyse multicritères est une technique des science d'aide à la décision, qui intervient dans des domaines très variés, lorsqu'une problématique ayant plusieurs solutions envisageables se pose. La définition de critères permet de juger les solutions possibles sous toutes les facettes de la problématique, et les diverses méthodes permettent de paramétrer les préférences des acteurs intervenant dans le processus de décision. Plusieurs itérations du paramétrage des préférences sont parfois nécessaires pour approcher au mieux la réalité perçue par les acteurs. Pour terminer ce chapitre relatif à l'analyse multicritères, l'exemple ci-dessous illustre un processus standard d'analyse multicritères, pour conforter la compréhension du lecteur :

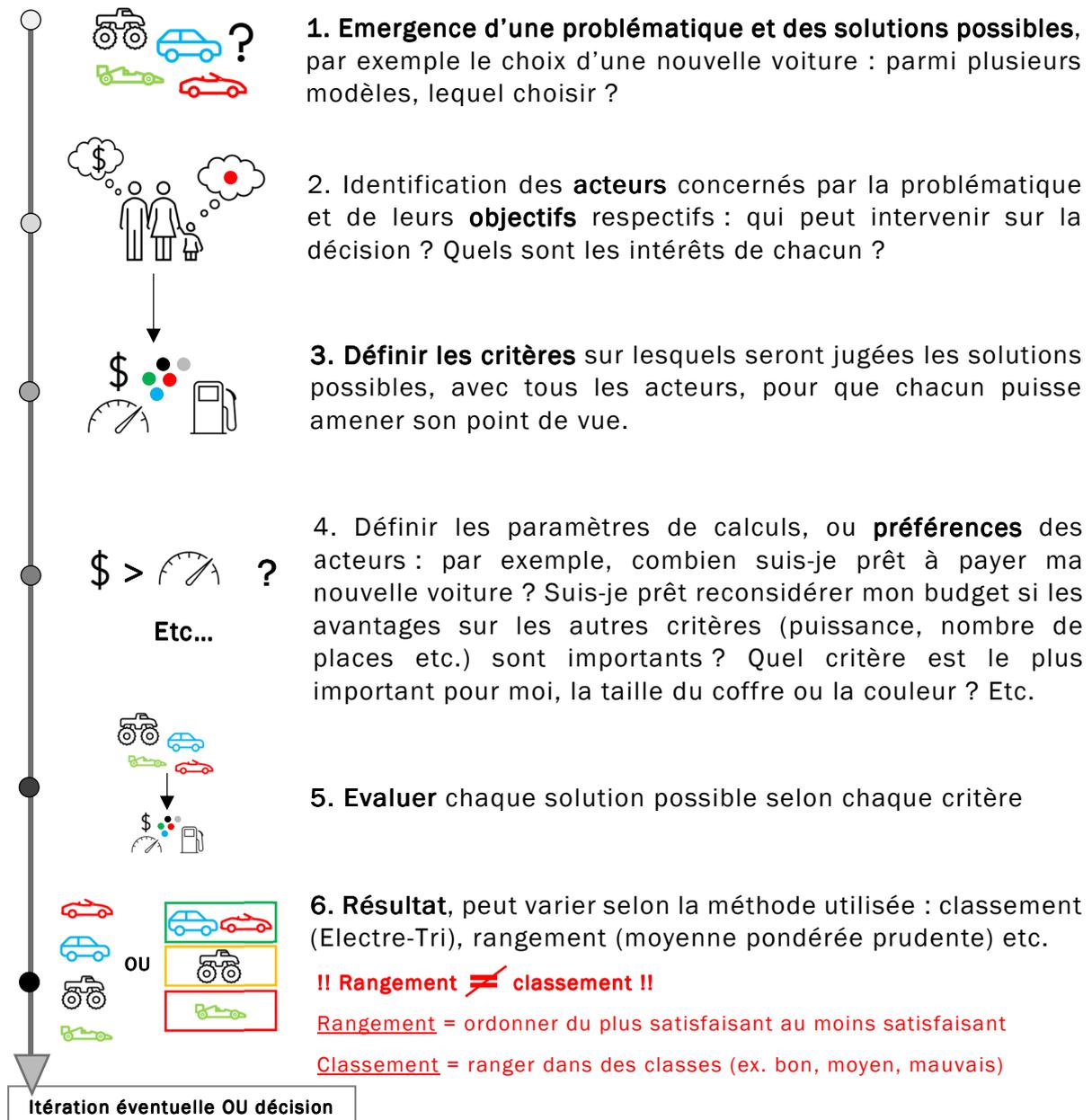


Figure 3 : déroulement d'un processus d'AMCD

Concernant le cas d'étude du présent travail, une définition plus précise de la problématique est nécessaire pour débiter la partie opérationnelle. Dans un premier temps, le contexte dans lequel la problématique s'insère fait l'objet du chapitre suivant.

ETABLISSEMENT DU CONTEXTE

PRÉSENTATION DE LA VILLE DE LAUSANNE

Située entre le lac Léman et les Alpes, Lausanne est la quatrième ville de Suisse avec ses 150'000 habitants⁷, après Zurich, Genève et Bâle. Capitale du canton de Vaud, elle se trouve au cœur d'une agglomération de 400'000 habitants⁸. Connue pour son statut de capitale olympique, Lausanne est une ville cosmopolite et culturelle. Elle est, depuis 1915⁹, le siège du Comité international olympique (CIO) et héberge une cinquantaine de fédérations sportives, ainsi que le Tribunal arbitral du sport. Le tourisme et les manifestations liés à ces diverses institutions constituent une part essentielle de son économie.

Lausanne est également réputée pour ses centres de formation de qualité, reconnus au niveau international. Ainsi, Lausanne abrite l'École polytechnique fédérale, regroupée sous la forme d'un campus avec l'Université de Lausanne, l'École hôtelière et l'École cantonale d'art. Plusieurs milliers d'étudiants de nationalités très variées font vivre les campus lausannois.

En plus de sa notoriété sportive et formatrice, la ville de Lausanne accueille le siège de nombreuses entreprises multinationales comme Bobst, British American Tobacco, Logitech, Nespresso, Nestlé Health Science, ou encore Philipp Morris¹⁰.

Du fait de sa situation topographique unique, répartie sur les trois collines de la Cité, du Bourg et de Saint-Laurent avec un dénivelé pouvant atteindre plus de 500m¹¹, Lausanne a la particularité de posséder plusieurs centres. Composé de multiples quartiers aux tissus bâtis hétérogènes, le territoire lausannois accueille une population variée, avec plus de 43% d'étrangers¹².

La ville de Lausanne est le fruit de plusieurs siècles d'histoire qui l'ont façonnée jusqu'à ce qu'elle devienne celle que l'on connaît aujourd'hui. Cependant, sa transformation continue, sous l'impulsion des autorités communales et du Canton, qui voient en Lausanne un centre fort à développer. La nouvelle vision urbanistique communale, « Lausanne 2030 », a pour but d'orienter le développement lausannois à l'horizon 2030, aussi bien du point de vue des logements, des emplois, de la mobilité que du patrimoine et de l'identité de la ville.

La concrétisation de la vision « Lausanne 2030 » passe par la révision du plan directeur communal et du plan d'affectation, les deux outils d'actions principaux pour la commune. Une démarche participative accompagne également la mutation des planifications communales, afin d'informer la population de l'évolution du processus et d'inclure au mieux ses préoccupations et suggestions dans les documents officiels.

Afin de poser le contexte politique et urbain dans lequel se déroule ce travail, un bref aperçu de l'histoire de la ville de Lausanne et des différentes planifications ayant des impacts plus ou moins directs sur les espaces publics, objets centraux de la problématique, sont présentés dans les chapitres suivants.

7 <https://www.lausanne.ch/portrait/carte-identite.html>

8 <https://www.lausanne.ch/portrait/carte-identite/histoire.html>

9 <https://www.olympic.org/fr/news/comment-lausanne-a-basculé-vers-sa-destinée-olympique>

10 https://www.innovaud.ch/Portals/4/Files/Factsheets/FR_2020/%5BFR%5D_TA_SiegesInternationaux.pdf

11 <https://www.lausanne-tourisme.ch/fr/le-saviez-vous/>

12 <https://www.lausanne.ch/portrait/carte-identite/population.html>

EVOLUTION HISTORIQUE

Les premières mentions historiques de Lausanne remontent à 15 avant J.C., sous le nom de Lousonna, bourg sous influence romaine accueillant quelques 1500 habitants¹³. La paix instaurée par les romains s'amenuise progressivement et la population commence à s'en aller vers le nouveau camp fortifié, situé sur la colline de la Cité, au IV^{ème} siècle.

A la fin du VI^{ème} siècle, Lausanne se vit devenir cité épiscopale, avec l'arrivée de l'Evêque. La cathédrale, mentionnée dès 814¹⁴, devint le centre autour duquel s'est développé la vie et le bâti, toujours sur la colline de la Cité. Soutenu par les rois de Bourgogne, l'Evêque consolide son pouvoir et la ville-église commence à s'étendre aux alentours pour atteindre son étendue maximale au XIII^{ème} siècle¹⁵. La crise monétaire en Europe, au cours du XIV^{ème} siècle¹⁶, est probablement à l'origine d'un dépeuplement important de la ville et entraîne des conflits entre l'Evêché et la bourgeoisie. L'unité communale est concrétisée en 1481 par la création d'une seule administration¹⁷. En 1526, un traité de combourgeoisie est signé entre les villes de Lausanne, Berne et Fribourg, débouchant sur la conquête du pays de Vaud par les bernois en 1536¹⁸. La domination bernoise prend fin en 1798, Lausanne compte alors près de 9'000 habitants¹⁹. En 1803, grâce à l'acte de médiation signé par Napoléon, Vaud devient officiellement un canton. A Lausanne, chef-lieu du canton, le Conseil communal est créé en 1815. Vers la fin du XIX^{ème} siècle, forte de plus de 20'000 habitants, Lausanne connaît ses premières planifications urbaines par l'ingénieur Adrien Pichard²⁰. L'ancienne ville médiévale commence à s'ouvrir vers l'extérieur, principalement pour des raisons commerciales. Par exemple, en 1873, le premier tracé du LEB est inauguré.

Le début du XX^{ème} siècle est marqué par une croissance démographique et économique importante, ainsi que par l'apparition des institutions de formation aujourd'hui très reconnues. L'émergence de la voiture et des infrastructures qui y sont liées se développent également durant cette période. Cependant, Lausanne connaît une récession dès 1970, avec un exode de la population vers la périphérie, alors en plein essor. Chômage et crise immobilière minent le développement lausannois jusqu'à la fin du XX^{ème} siècle, période durant laquelle Lausanne se relève et acquiert une certaine renommée dans le domaine de l'économie des savoirs et des sports, allant jusqu'à obtenir le prestigieux titre de capitale olympique en 1993²¹. Côté planification urbaine, le premier plan directeur communal voit le jour en 1996 et traite de domaines tels que le développement économique, urbain, touristique ou encore de l'environnement. Outre l'émergence des préoccupations écologiques, certaines mesures visent à relancer la croissance, toujours en berne depuis les années 70. Dès 1997, une croissance démographique significative est observée avec l'arrivée d'importantes populations étrangères. Au début des années 2000, le nombre d'habitants continue d'augmenter de manière stable. Toutefois, la croissance liée aux emplois ne suit pas la même tendance et le ratio demeure faible par rapport à la population²².

13 <https://www.lausanne-tourisme.ch/fr/antiquite-medievale/>

14 <https://hls-dhs-dss.ch/fr/articles/002408/2009-04-02/>

15 <https://www.lausanne-tourisme.ch/fr/antiquite-medievale/>

16 https://www.persee.fr/doc/rbph_0035-0818_1951_num_29_2_2097

17 <https://hls-dhs-dss.ch/fr/articles/002408/2009-04-02/>

18 <https://www.e-periodica.ch/cntmng?pid=afb-001%3A1926%3A14%3A%3A321>

19 <https://www.lausanne-tourisme.ch/fr/reforme-aux-lumieres/>

20 <https://www.lausanne-tourisme.ch/fr/revolution-au-xixe-siecle/>

21 <https://www.lausanne-tourisme.ch/fr/lausanne-contemporaine/>

22 Ville de Lausanne (1996), Plan directeur communal

CONTEXTE ACTUEL

Depuis l'élaboration du plan directeur communal de 1996, le domaine de la planification territoriale a évolué, tout comme la conjoncture en ville de Lausanne. Désormais, la planification met l'accent sur la coordination, la densification et sur des mesures écologiques fortes. Elle identifie des centres urbains ainsi que des sites stratégiques. Le développement se fait davantage vers l'intérieur en densifiant les centres urbains, tout en assurant une cohésion à une échelle territoriale plus importante. Ainsi, Lausanne est identifiée comme une « ville-centre » par la planification supérieure, telle que le plan directeur cantonal ou le projet d'agglomération Lausanne-Morges (PALM). De plus, l'émergence de préoccupations sociales de plus en plus fortes transparaît au travers des mesures planificatrices à toutes échelles. En effet, les termes d'intégration, de mixité ou de participation témoignent d'une volonté nouvelle de construire le territoire pour et avec la population.

A l'échelle communale, le plan directeur, dont la révision a débuté en 2011²³, est en cours d'approbation. Dépendant directement des nouvelles mesures du plan directeur, le plan général d'affectation, en vigueur depuis 2006, est en cours de révision depuis 2017²⁴.

LE PLAN DIRECTEUR PDCOM

Le plan directeur communal planifie la gestion et le développement du territoire lausannois et sert de support de coordination aux diverses politiques publiques. Il est contraignant pour les autorités seules, non opposable aux tiers et doit être conforme à la planification supérieure de l'agglomération et du canton. Ce nouveau plan directeur communal propose une approche globale du développement communal en deux parties, une vision stratégique et un projet de territoire, valables pour les quinze prochaines années.

1. La vision stratégique

Ce premier chapitre expose la vision communale à l'horizon 2030, présentée selon les neuf orientations stratégiques suivantes :

1. Population et emplois : création de suffisamment de surfaces de logements et d'activités pour assurer le développement, tout en gardant un certain équilibre ;
2. Rayonnement international : renforcer l'attractivité et le rayonnement de la ville en misant sur ses avantages ;
3. Ville-centre : assurer le statut de centralité de région ;
4. Vie et mobilités urbaines : accentuer le développement urbain en prenant garde au respect de la qualité de vie ;
5. Patrimoine naturel et construit : valoriser le patrimoine existant ;
6. Climat et énergie : Lausanne ambitionne de devenir une ville zéro carbone. Cette lutte contre le changement climatique passe par l'édiction de mesures fortes, notamment dans le domaine de l'aménagement du territoire ;
7. Intégration sociale et participation : encourager et développer la participation citoyenne, favoriser l'accès aux biens et services pour tous ;
8. Ville de culture et de sport : maintenir son statut de ville culturelle et sportive ;
9. Ville accessible à toutes et tous : accès à la Ville et aux prestations pour tous.

23 Ville de Lausanne (2021). Rapport préavis PDCom

24 <https://www.lausanne.ch/officiel/grands-projets/lausanne-2030/plan-affectation-communal-pacom.html>

2. Le projet de territoire

Ce second chapitre détaille et contextualise les orientations précédentes selon quatre volets comprenant chacun des objectifs, eux-mêmes déclinés en principes et mesures :

1. L'urbanisation : ce volet découpe le territoire en secteurs et oriente ainsi le développement selon les caractéristiques de chacun (centre-ville, quartier etc.) ;
2. La mobilité : ce thème traite des réseaux de mobilité ainsi que du transfert modal afin de tendre vers une mobilité plus durable ;
3. La nature, les paysages et l'agriculture : ce chapitre traite de l'entretien et du développement des espaces verts en ville, ainsi que de la biodiversité et des échappées paysagères offertes par la topographie particulière de Lausanne ;
4. L'environnement : ce dernier volet aborde la préservation des ressources naturelles et d'autres sujets tels que la qualité de l'air ou la protection contre le bruit.

LE PLAN GÉNÉRAL D'AFFECTATION PGA

Constitué d'un plan, d'un règlement et du rapport 47 OAT, le PGA est établi selon la vision stratégique et le projet de territoire du plan directeur. Contraignant pour les autorités comme pour les privés, il constitue le volet opérationnel de la planification, notamment en formalisant les droits à bâtir et en définissant l'affectation du sol. Tout comme le plan directeur, il anticipe les besoins liés au développement pour les quinze prochaines années. Dans certains cas, en général lors de grands projets comme Pôle Gare pour citer un exemple, des plans d'affectation spéciaux peuvent être établis pour répondre aux besoins spécifiques du secteur et du projet lié.

La révision du plan général d'affectation est accompagnée d'une grande démarche participative étendue sur plus d'une année, preuve d'une volonté de construire la ville avec les citoyens.



Figure 4 : démarche participative accompagnant la révision du PGA

Les thèmes ouverts à la discussion sont le patrimoine, l'urbanisation, les espaces verts, la vie de quartier, la mobilité et le climat²⁵. Les actions se déroulent surtout par secteurs, étant donné que chaque habitant est bien placé pour parler de son quartier, son lieu de vie.

En plus des deux outils de planification principaux, le territoire lausannois, et plus particulièrement ses espaces publics, sont impactés par d'autres documents, principalement à portée stratégique. Le Plan climat et la nouvelle politique des espaces publics en font partie et sont brièvement présentés ci-dessous, afin d'identifier les préoccupations de la Ville en la matière.

²⁵ <https://www.lausanne.ch/officiel/grands-projets/lausanne-2030/demarche-participative/demarche-en-bref.html>

LE PLAN CLIMAT

En octobre 2020, le bureau Quantis a établi un rapport complet sur les gaz à effet de serre pour Lausanne, sur demande de la Municipalité²⁶. Ce chapitre fait état des principaux enjeux et constats soulevés par cette étude et des objectifs que la Ville a par la suite décidé de fixer.

CONSTATATIONS DE L'ÉTUDE RÉALISÉE PAR LE BUREAU QUANTIS

En tant que mise en situation, il convient d'abord de différencier les émissions directes (produites sur le territoire lausannois) et les émissions indirectes (causées par la Ville, mais produites hors de son territoire). L'étude constate que les émissions directes lausannoises atteignaient 482'633 tonnes de CO₂ équivalent (équivalence en CO₂ des autres gaz à effet de serre), soit 3.3 tonnes de CO₂ équivalent par habitant, pour l'année 2019²⁷. Ces émissions directes sont composées des domaines suivants :

- Chauffage des bâtiments (57.5% des émissions directes)
- Transports et mobilité (22.1% des émissions directes)
- Traitement des déchets et des eaux usées (20% des émissions directes)
- Agriculture (moins de 0.5% des émissions directes)

Les émissions indirectes représentaient quant à elles 1'554'053 tonnes de CO₂ équivalent en 2019, c'est-à-dire 10.6 tonnes de CO₂ équivalent par habitant²⁸. Elles regroupent les domaines suivants :

- Consommation (68% des émissions indirectes)
- Transports et mobilité (23% des émissions indirectes)
- Electricité (5% des émissions indirectes)
- Chaîne de production des agents et systèmes énergétiques (3% des émissions indirectes)

Les émissions indirectes sont très élevées à Lausanne, comme dans beaucoup de villes, étant donné le faible ratio d'auto-alimentation en denrées et biens de consommation.

OBJECTIFS ET MESURES DE LA VILLE

Faisant suite à la publication du bilan des gaz à effet de serre, la Municipalité présente en janvier 2021 son Plan climat, qui définit les objectifs et échéances de la politique climatique lausannoise, qualifiée de volontariste et réaliste. Le Plan est accompagné d'un catalogue de mesures qui évoluera au cours des diverses démarches de participation déjà prévues par la Ville.

Les objectifs principaux sont présentés comme « 0 émission directe d'ici à 2030 pour la mobilité et 0 émission pour l'ensemble des émissions directes au plus tard à 2050. Des mesures de réduction des émissions couplées à des mesures sociales et d'adaptation aux changements climatiques feront de Lausanne une ville 0% carbone et 100% solidaire. »²⁹

26 Ville de Lausanne (2021). Rapport préavis N°2020 / 54, p.2
27 Ville de Lausanne (2021). Rapport préavis N°2020 / 54, p.10
28 Ville de Lausanne (2021). Rapport préavis N°2020 / 54, p.11
29 <https://www.lausanne.ch/portrait/climat/plan-climat.html>

Concrètement, la Ville vise des objectifs forts dans les domaines générant le plus d'émissions directes³⁰ :

- Transports et mobilité : les véhicules thermiques devraient disparaître de la ville d'ici 2030. En complément, un important transfert modal vers les transports publics et la mobilité douce est prévu, par exemple grâce au nouveau métro m3. Ainsi, l'accent sera mis sur le développement des réseaux de transport publics et de pistes cyclables. Les zones piétonnes seront également étendues ;
- Bâtiments : le taux de rénovation des bâtiments devrait passer de 1% à 3.3%, le mazout et le gaz naturel seront abandonnés progressivement au profit du chauffage à distance, plus économe en énergie. L'objectif principal dans ce domaine est la neutralité carbone d'ici à 2050, notamment grâce à un investissement prévu d'un milliard sur trente ans.

Une autre mesure forte, répondant à la problématique du changement climatique, est la végétalisation du territoire lausannois. En effet, les arbres absorbent le CO₂, limitent les îlots de chaleur et aident à rafraîchir la ville. Ainsi, il est prévu d'augmenter de 50% la surface foliaire avant 2040³¹.

Enfin, la Ville souhaite que les principaux objectifs résumés ci-dessus n'engendrent aucune fracture sociale et entraînent une adhésion marquée de la population lausannoise. Aussi, en plus d'une démarche participative prévue en été 2021, la Ville a pensé à des mesures permettant d'accompagner les changements relatifs aux domaines de la mobilité et des bâtiments. Une révision des prix des transports publics, avec des offres particulièrement attractives pour les personnes âgées et les personnes en formation est annoncée. La Municipalité souhaite également lancer une étude concernant les répercussions des rénovations énergétiques des bâtiments sur les loyers afin d'établir des mesures d'accompagnement adaptées³².

BILAN

En résumé, la commune de Lausanne, au travers de son Plan climat, souhaite à terme atteindre la neutralité carbone. Ce plan constitue la base d'un processus sur le long terme et est destiné à évoluer régulièrement. Les objectifs et mesures concernent principalement les émissions directes de CO₂, sur lesquelles une intervention communale est plus aisée. Toutefois, la Municipalité espère aussi contribuer à une réduction des émissions indirectes par la sensibilisation et l'accompagnement.

30 Ville de Lausanne (2021). Communiqué de presse Plan climat de la Ville de Lausanne, p.1-2

31 Ville de Lausanne (2021). Dépliant Plan climat, p.7

32 Ville de Lausanne (2021). Communiqué de presse Plan climat de la Ville de Lausanne, p.2

LA NOUVELLE POLITIQUE DES ESPACES PUBLICS

Le territoire lausannois tend vers une transformation urbanistique significative au cours des dix prochaines années, comme en témoignent les nombreux projets d'envergure tels que le quartier des Plaines du Loup, Plateforme 10 ou le nouveau métro m3. En parallèle, les objectifs ambitieux du Plan climat influent clairement sur les nouvelles politiques à mettre en place dans le domaine de l'aménagement du territoire, étant donné que ces dernières servent de levier majeur à sa mise en œuvre. Longtemps délaissés au profit d'autres problématiques comme la mobilité ou le logement, les espaces publics font aujourd'hui l'objet d'une nouvelle politique traduisant la volonté de la Municipalité de faire de Lausanne une ville à taille humaine, dynamique et attractive.

Cette nouvelle politique, qui anticipe l'évolution des espaces publics pour les dix prochaines années, a pour objectif « d'assurer une transition réussie vers des espaces publics à taille humaine qui répondent aux besoins de celles et ceux qui les pratiquent et les vivent » selon la conseillère municipale en charge de la mobilité, Mme Florence Germond³³.

ETUDE ET RECOMMANDATIONS

Afin d'identifier les enjeux sur lesquels orienter les réflexions, la Ville a mandaté le bureau de renommée internationale Gehl pour établir un diagnostic complet des espaces publics du centre-ville. Gehl architects est un bureau danois, spécialisé dans les études urbaines, usant de la méthode dite « *Public Space Public Life* ». Cette approche consiste à mesurer et analyser une zone d'étude afin d'en identifier l'activité humaine et les qualités de l'environnement qui l'entoure³⁴.



Figure 5 : temporalité de l'analyse effectuée par Gehl architects

Plusieurs constats principaux découlent de l'étude livrée par le bureau Gehl architects. Premièrement, l'omniprésence de la voiture et des infrastructures lui étant dédié fait de l'ombre aux fonctions sociales des espaces publics. Deuxièmement, une sous-représentation de plusieurs catégories de la population, dont les femmes, les enfants et les personnes âgées, ouvre un questionnement sur le sentiment de sécurité de certains secteurs. Enfin, l'étude admet que de nombreux usagers s'approprient tout de même volontiers un grand nombre d'espaces publics du centre-ville et souligne le potentiel offert par le patrimoine bâti et la situation topographique exceptionnels de Lausanne.

33 Ville de Lausanne (2021). Communiqué de presse Plan climat de la Ville de Lausanne, p.1

34 <https://gehlpeople.com/approach/>

Sur la base de ces constats, le rapport établi par le bureau Gehl architects propose quelques recommandations sous la forme de neuf mesures-clés, partagées en trois domaines³⁵ :

Mobilité

1. Offrir un partage plus équilibré entre les modes de transport
2. Accorder plus d'attention aux personnes à pied et à vélo
3. Redonner à la rue son rôle d'espace public
4. S'adapter aux changements climatiques avec des expériences vertes et bleues

Identité

5. Célébrer la topographie
6. Renforcer une identité lausannoise forte et unique

Espaces publics et vie sociale

7. Inviter à la vie sociale dans l'espace public
8. Offrir une vie quotidienne de qualité pour tous
9. Faire du centre-ville un forum citoyen

RÉFLEXIONS AUTOUR DE LA NOUVELLE POLITIQUE

La nouvelle politique des espaces publics établie par la Municipalité, alimentée par les observations et recommandations de l'étude livrée par le bureau Gehl architects, propose un « rééquilibrage de la mobilité au centre-ville, une valorisation des atouts qui constituent l'identité lausannoise et une invitation à la vie sociale plus forte dans les espaces publics. »³⁶ Dans sa nouvelle politique, la Ville identifie plusieurs enjeux, notamment en lien avec le Plan climat pour certains³⁷ :

- La mobilité durable : il s'agit de prioriser la mobilité douce et les transports publics, en passant par un rééquilibrage de l'usage des routes et rues existantes, tout en profitant des projets d'aménagement en cours;
- Le lien social et la demande sociale : en tant que lieu de vie sociale, l'espace public doit permettre un usage diversifié et une accessibilité optimale pour tous ;
- L'environnement : les points d'eau et la densification de la végétalisation doivent permettre de rafraîchir la ville et de lutter contre les îlots de chaleur.
- L'activité économique : en renforçant l'attractivité de l'espace public, c'est également l'attractivité commerciale qui est avantagée. En effet, la piétonisation des rues et places ouvre des possibilités d'événements et manifestations ou d'aménagement de terrasses ;
- L'identité et le patrimoine : la requalification des espaces publics, notamment via les grands projets, offre une opportunité de mettre en avant les qualités patrimoniales et topographiques de la ville de Lausanne, participant ainsi à la mise en valeur de l'identité lausannoise ;
- La sécurité publique : le sentiment général de sécurité peut être amélioré par la conception d'espaces publics adaptés à tous. La sécurité liée à la mobilité peut également faire l'objet d'une amélioration significative par la transformation de l'espace public.

35 Ville de Lausanne, Direction des finances et de la mobilité (2021). Le diagnostic des espaces publics du centre-ville en synthèse, annexe au rapport préavis N° 2021 / 13

36 Ville de Lausanne, service des routes et de la mobilité (2021). Nouvelle politique d'aménagement des espaces publics, dossier de presse.

37 Ville de Lausanne (2021). Rapport préavis N° 2021 / 13

Au-delà de ces enjeux, la Municipalité souhaite travailler sur plusieurs échelles, allant du site stratégique en profonde mutation au quartier, afin de proposer des espaces publics adaptés aux usagers de chaque partie du territoire lausannois. Ainsi, un des premiers exemples d'application concrète de cette nouvelle vision est le projet de mise en souterrain du LEB, désormais accompagné d'un projet de requalification de l'avenue d'Echallens sur tout le tracé³⁸.

De plus, afin d'accompagner les transformations à venir, la Ville de Lausanne souhaite se doter de plusieurs outils. Premièrement, une certaine cohérence sera assurée via l'élaboration d'une charte des espaces publics, qui traitera entre autres du mobilier urbain, des éclairages publics etc. Deuxièmement, la communication est assurée par une série de démarches participatives ayant déjà débutées, ainsi qu'une plateforme d'échanges avec diverses associations³⁹. Enfin, la Municipalité prévoit des bilans et enquêtes réguliers auprès des usagers pour mesurer la pertinence de ses agissements et la satisfaction générale.

BILAN

En résumé, les autorités lausannoises souhaitent tendre, notamment par la transformation des espaces publics, vers une ville à taille définitivement plus humaine. La politique mise en place et les outils déployés témoignent d'une volonté affirmée de la part de la Municipalité de relever les défis identifiés par le rapport d'étude fourni par Gehl architects, ainsi que par le Plan climat, tout en travaillant avec la population. Les documents principaux concernant l'aménagement des espaces publics ont ainsi été présentés, mais de nombreuses autres actions municipales les concernent, par exemple l'évolution de la politique des espaces fleuris, qui tend désormais vers un fleurissement plus naturel et écologique⁴⁰.

LES GRANDS PROJETS

Bien que les nouvelles planifications ne soient pas encore en vigueur, la mutation urbaine de Lausanne a bel et bien débuté, notamment par le biais de ses grands projets emblématiques. La plupart font l'objet d'un ou plusieurs plans spéciaux et sont le fruit de collaborations externes avec de multiples acteurs, comme le Canton ou les CFF. Il semble important de les développer succinctement, étant donné qu'ils vont remodeler de grands secteurs et participer à la plus grande transformation urbaine que la ville ait connue à ce jour. De plus, les réaménagements en découlant peuvent être vus comme des prémices aux changements induits par la nouvelle politique des espaces publics. Les grands projets s'étendent sur des temporalités variées, mais seront normalement achevés à l'horizon 2030. En plus de changer radicalement l'aspect de certaines zones de la Lausanne actuelle, les grands projets auront un impact considérable sur de nombreux domaines, par exemple sur la mobilité, via le développement des transports publics ou encore sur les logements et les emplois pour n'en citer que quelques-uns. Les sections suivantes exposent les principaux grands projets dans leurs grandes lignes, afin de se faire une idée des changements importants qu'ils vont induire, notamment au niveau des espaces publics, objets centraux de ce travail.

38 Ville de Lausanne (2021). *Lausanne prépare la mue de ses espaces publics*, communiqué de presse.

39 Ville de Lausanne, service des routes et de la mobilité (2021). *Nouvelle politique d'aménagement des espaces publics*, dossier de presse.

40 <https://www.lausanne.ch/apps/actualites/index.php?tags=1203&page=2> 22.03

PÔLE GARE

Centré sur la transformation de la gare de Lausanne, le périmètre Pôle Gare comprend plusieurs projets d'envergure, échelonnés dans le temps, sous la direction de maîtres d'ouvrage différents.



Figure 6 : périmètre Pôle Gare

Premièrement, l'agrandissement de la gare et le réaménagement de la place de la Gare sont projetés à l'horizon 2030. Le montant des travaux est estimé à 1.3 milliards de francs et est assuré conjointement par la Confédération, le Canton de Vaud, la Ville de Lausanne et CFF Immobilier⁴¹. L'arrivée du nouveau métro m3 et l'optimisation du métro existant m2 induisent également un réaménagement du bas des avenues Louis-Ruchonnet et de la rue du Petit-Chêne.

Deuxièmement, le quartier des arts, désigné sous le nom de Plateforme 10, accueillera trois musées principaux, le musée cantonal des Beaux-Arts (MCBA), le musée de l'Elysée et le mudac, ainsi que diverses installations culturelles d'ici 2022. Au total, la concrétisation des différents projets nécessite un investissement de près de 180 millions de francs, réparti entre la Ville de Lausanne, les CFF et divers acteurs de la société civile, telles des fondations, entreprises ou autres⁴².

Enfin, un dernier projet privé, porté par CFF Immobilier et la société SV Rasude, prévoit la construction de plusieurs immeubles et la rénovation de deux bâtiments historiques dans le quartier de la Rasude. Les premiers travaux sont projetés à l'horizon 2025⁴³.

En tant que maître d'ouvrage des espaces publics, la Ville de Lausanne compte profiter des importantes transformations projetées dans le secteur Pôle Gare afin de repenser les espaces publics, tels que Sous-Gare et Fleurettes.

41 <https://company.sbb.ch/fr/entreprise/projets/suisse-romande-et-valais/leman-2030/nos-projets/projet-gare-de-lausanne.html>

42 <https://plateforme10.ch/fr/about>

43 <https://la-rasude.ch/timeline/>

Débuté en 2007, le programme « Métamorphose » comprend plusieurs projets, à l’instar du périmètre Pôle Gare, et ambitionne de consolider le statut de capitale olympique de Lausanne, par la construction de plusieurs infrastructures sportives de qualité. En parallèle, deux quartiers aux Plaines de Loup et aux Prés-de-Vidy sont également projetés. Les différents projets compris dans le programme « Métamorphose » sont présentés dans l’ordre chronologique, selon le début de leur réalisation.

Premièrement, la construction d’un centre sportif, inauguré en 2018, et d’un stade de football de 12'000 places, inauguré en 2020, a déjà été réalisée sur le site de la Tuilière. Le projet comprend encore la réalisation d’un centre d’affaires et l’arrivée du nouveau métro m3. Les derniers travaux devraient débuter au cours de l’année 2023 et le projet doit être achevé à l’horizon 2025. L’investissement total se monte à 13 millions de francs⁴⁴.

Deuxièmement, la réalisation d’un complexe sportif comprenant piscines et patinoires est en cours de réalisation à Malley. Le projet, d’un montant total de 227 millions de francs, est porté en collaboration avec les communes de Prilly et Malley et doit être totalement achevé en 2022⁴⁵.

Troisièmement, l’écoquartier des Plaines du Loup, dont les premiers travaux ont déjà débuté, prévoit de s’étendre sur 30 hectares et ambitionne d’accueillir quelques 9'000 habitants et 3'500 emplois⁴⁶, en plus d’infrastructures sportives et de services publics. Le projet est divisé en quatre secteurs faisant chacun l’objet d’un plan partiel d’affectation et dont la réalisation est prévue progressivement. A terme, le projet devrait se terminer d’ici 2030, avec l’arrivée des derniers habitants et du nouveau métro m3⁴⁷.

Quatrièmement, la rénovation du stade Pierre-de-Coubertin est agendée en 2026 et devrait s’achever en 2028. Le nouveau stade d’athlétisme accueillera 4'000 places assises en configuration standard et des tribunes amovibles doivent permettre d’offrir jusqu’à 12'000 places assises en cas de manifestations importantes comme Athletissima. L’investissement total pour ce projet s’élève à plus de 30 millions de francs.⁴⁸

Enfin, la réalisation d’un quartier de 14.5 hectares pouvant accueillir 2'500 emplois et 1'000 logements débutera aux Prés-de-Vidy en 2026. La découverte d’une nécropole romaine lors de fouilles archéologiques en 2011 a retardé l’agenda du projet et les derniers habitants sont ainsi attendus pour 2032⁴⁹.

D’importantes mesures énergétiques ont été prises concernant la réalisation des infrastructures sportives et des bâtiments, et les aménagements des différents espaces extérieurs sont pensés pour la mobilité douce et l’environnement.

⁴⁴ <https://www.lausanne.ch/officiel/grands-projets/metamorphose/tuiliere.html#etapes-du-projet-1>

⁴⁵ <https://www.lausanne.ch/officiel/grands-projets/metamorphose/malley.html#le-projet-1>

⁴⁶ <https://tribu-architecture.ch/projets/13/zip/>

⁴⁷ <https://www.lausanne.ch/officiel/grands-projets/metamorphose/plaines-du-loup.html#les-quatre-secteurs-et-les-projets-connexes-1>

⁴⁸ <https://www.lausanne.ch/officiel/grands-projets/metamorphose/stade-de-coubertin.html#les-prochaines-etapes-1>

⁴⁹ <https://www.lausanne.ch/officiel/grands-projets/metamorphose/pres-de-vidy.html>

LE TRAMMWAY

Le projet de tramway reliant Lausanne à Villars-Ste-Croix est intégré dans la stratégie des Axes forts du Projet d'Agglomération Lausanne-Morges (PALM)⁵⁰. Ce projet ambitieux et intercommunal participe grandement au développement des transports publics, notamment en assurant des connexions avec les métros, le LEB, les gares CFF de Renens et Prilly-Malley et les lignes de bus à haut niveau de service (BHNS)⁵¹.



Figure 7 : futur tracé reliant le Flon à Renens

Le tronçon concernant plus particulièrement la commune de Lausanne relie le Flon à Renens et s'étire sur 4.6 km. Il comprendra à terme une dizaine de stations et permettra de participer aux efforts en faveur de l'environnement en diminuant de 10% le nombre de voitures, par report modal⁵².

Le permis de construire a été délivré en mars 2016 par l'Office fédéral des transports (OFT) et est entré en force en février 2020 au terme d'une importante procédure juridique. Le Canton et la Confédération assurent conjointement le financement du projet, estimé à 367 millions de francs⁵³. Les importants travaux entrepris pour la construction du tramway offriront aux communes concernées une opportunité de requalifier les tronçons touchés, toutefois à leur propre charge.

Des travaux préparatoires ont été exécutés en 2019 et en 2020 à Renens⁵⁴. Les premiers travaux concrets ont démarré en 2021 et devront être achevés à l'horizon 2026⁵⁵.

50 <https://www.tramway-lausannois.ch/acteur-de-la-mobilite-de-demain/>

51 <https://www.tramway-lausannois.ch/acteur-de-la-modernite/>

52 <https://www.tramway-lausannois.ch/acteur-dune-mobilite-durable/>

53 <https://www.tramway-lausannois.ch/de-lausanne-a-renens/>

54 <https://www.tramway-lausannois.ch/timelapses-et-videos/>

55 <https://www.tramway-lausannois.ch/actualites/fete-pour-le-demarrage-du-chantier/>

MISE EN SOUTERRAIN DU LEB

Le LEB (Lausanne-Echallens-Bercher) est un chemin de fer garantissant une liaison primordiale entre le Gros-de-Vaud et différentes communes de l'agglomération lausannoise. Un projet de mise en souterrain d'une partie du tracé, entre Union-Prilly et Lausanne-Chauderon, est en cours. La première phase des travaux, débutée en 2017, vient de se terminer par le percement du tunnel, achevé en septembre 2020⁵⁶. Trois autres phases, prévues sur cinq années, sont encore à réaliser pour terminer l'ensemble du chantier, à savoir l'équipement du tunnel avec les installations ferroviaires, les préparatifs pour la mise en circulation des trains et le démantèlement des installations en surface⁵⁷.



Figure 8 : projet de mise en souterrain du LEB

Les dimensions du nouveau tunnel sont respectivement de 1.3km de long pour une quinzaine de mètres de large⁵⁸. Une double voie permettra une meilleure circulation des trains afin de stabiliser l'horaire, améliorer le service aux clients et sécuriser le trafic en surface⁵⁹.

Le financement du projet, estimé à 136 millions de francs, est réparti entre la Confédération et le Canton de Vaud, tandis que la maîtrise d'ouvrage est aux mains des transports publics lausannois (TL) et du LEB, en collaboration avec la Ville de Lausanne et la Ville de Prilly⁶⁰.

Les travaux liés au projet offrent une opportunité unique de requalification de l'espace public, tout au long du tracé, lors de la remise en état de l'avenue d'Echallens à la fin du chantier. Ainsi, la sécurité sera sensiblement améliorée, notamment pour la mobilité douce.

RIPONNE-TUNNEL

Définies comme des places emblématiques du centre-ville, les places de la Riponne et du Tunnel ne sont pour l'instant pas exploitées au maximum de leur potentiel. En effet, les usages actuels sont plutôt pauvres et une transformation de ces deux lieux importants, à moyen terme, est considérée comme nécessaire.

Par conséquent, un concours d'idées, couplé à une démarche participative regroupant les habitants du secteur, les associations, les commerçants et toute autre personne souhaitant s'impliquer, sont d'ores et déjà au programme⁶¹. Le grand projet Riponne-Tunnel devrait donc prendre forme prochainement.

56 <https://www.t-l.ch/deroule-des-travaux/deroule-des-travaux-excavation>

57 <https://www.t-l.ch/deroule-des-travaux>

58 https://www.t-l.ch/images/200922_LT-percement-communique.pdf

59 <https://www.t-l.ch/le-tunnel-du-leb>

60 <https://www.t-l.ch/faq-le-tunnel-leb>

61 <https://www.lausanne.ch/officiel/grands-projets/riponne-tunnel/projet-en-bref.html>

BILAN DE LA SITUATION

Bien que Lausanne ait connu constamment des évolutions urbanistiques au cours de son histoire, les dernières années ont été particulièrement intenses dans ce domaine. La suite du chapitre dresse le bilan de la législature récemment achevée, et les objectifs de la nouvelle législature fraîchement entamée.

LÉGISLATURE 2016-2021

L'année 2021 marque le changement de législature, et le compte rendu des années 2016 à 2021 fait déjà état d'un territoire en profonde mutation. En effet, comme les paragraphes précédents l'attestent, les grands projets sont bien avancés. De plus, la construction de logements durables progresse, notamment avec les immeubles des quartiers des Fiches ou des Falaises et le début du chantier des Plaines-du-Loup. La législature 2016-2021 a également connu les plus grands investissements sportifs de l'histoire lausannoise, avec la construction du stade de la Tuilière et du centre sportif de Malley. En parallèle, le développement des offres de transports publics se poursuit, par exemple avec le projet du nouveau métro m3 ou l'extension du réseau de bus.

Le souci de la participation de la population est un autre point fort observé ces dernières années, témoins de nombreuses activités et démarches participatives pour accompagner les changements en cours et futurs.

La législature 2016-2021 a également été marquée par des événements moins fortement liés à l'aménagement du territoire, comme la tenue des JOJ en 2020 et l'apparition du coronavirus, qui, avec ses mesures restrictives, est devenu un frein pour de nombreux projets.

Concernant l'état de la planification, le plan directeur sera soumis au Conseil communal courant 2021, tandis que la révision du plan d'affectation devrait débuter.

LÉGISLATURE 2021-2026

Le programme de législature débutant cette année a déjà son propre paquet de projets concernant la requalification des espaces publics, qu'il reste encore à prioriser. Autrement, plusieurs préoccupations sont identifiées, comme assurer la continuité de la participation ou privilégier la durabilité lors de tout nouveau projet d'aménagement.

Avec la présentation de son Plan climat début 2021, la Municipalité affiche d'ambitieux objectifs climatiques, à prendre en compte autant pour cette nouvelle législature que pour les suivantes.

Le développement des réseaux de transports publics et de mobilité douce va se poursuivre, tout comme la création de quartiers mixtes et durables, avec l'exemple des Plaines-du-Loup.

La mise en contexte de la problématique traduit un vrai besoin de la Ville de prioriser ses projets, nombreux et évidemment tous nécessaires. Ainsi, les méthodes d'AMCD peuvent réellement susciter son intérêt et apporter des premiers éléments concluants.

A présent que les bases théoriques et que la contextualisation de la problématique ont été définies, la partie opérationnelle du travail peut débuter. Dans un premier temps, l'espace public lausannois, objet central de l'analyse multicritères, est brièvement abordé. Ensuite, les outils et méthodes employés sont expliqués, avant de passer à la méthodologie liée à l'application concrète du processus d'analyse multicritères.

OUTILS, MÉTHODES ET RENDUS

Ce chapitre précise la problématique, présente les livrables prévus dans le cadre de ce travail et décrit plus en détail les outils et méthodes qui seront utilisés pour y parvenir. Au vu du temps imparti, deux méthodes d'analyse multicritères, Electre-Tri et la moyenne pondérée prudente, sont retenues afin de proposer deux formes de rendu différents et de pouvoir effectuer une brève comparaison sur les résultats obtenus à la fin du travail. L'utilisation d'outils cartographiques, principalement par le biais des systèmes d'informations géographiques, couramment abrégés SIG, est aussi projetée.

PROBLÉMATIQUE ET FORMES DU RENDU

L'objectif du présent travail est de **fournir à la Ville de Lausanne un moyen de prioriser les nouveaux projets de requalification des espaces publics, au fur et à mesure qu'ils se présentent**. Le temps imparti pour réaliser ce travail de master, à savoir un semestre académique, permet de proposer deux résultats à la Ville, issus de l'application de deux méthodes d'analyse multicritères différentes. Ainsi, au terme du travail, si la Ville souhaite réutiliser un procédé d'analyse multicritères, elle pourra choisir l'option qui lui convient le mieux, tant au niveau de la prise en main que du type de rendu. La méthodologie applicable aux problématiques d'analyse multicritères, présentée en pages 8 et 9, sera mise en œuvre communément aux deux cas de figure, jusqu'à la quatrième étape :

1. Dresser la liste des objets de comparaison : choix d'au moins une dizaine de sites de qualité variée par la Ville, servant d'objets de comparaison pour les deux méthodes. Une attention particulière doit être apportée à cette étape, puisque les sites choisis serviront de base au modèle de priorisation ;
2. Dresser la liste des critères : définition des critères selon lesquels juger les sites sélectionnés. Cette étape nécessite la collaboration de membres de divers services techniques de la Ville pour que la liste des critères soit la plus complète possible, et doit faire l'objet d'au moins une séance commune ;
3. Juger chacune des solutions selon chaque critère : notation des sites selon chaque critère. Cette étape nécessite l'intervention des participants, au cours d'une seconde séance qui doit permettre également de récolter les informations nécessaires aux paramétrages de calculs des deux méthodes ;
4. Agrégation des jugements : application distincte des deux méthodes d'analyse multicritères selon les données récoltées au cours des deux séances avec les représentants de la Ville. Les résultats issus des deux méthodes peuvent ainsi être confrontés et discutés.

L'idée est de proposer un type de rendu similaire pour les deux méthodes, à savoir une sorte de thermomètre. Il serait construit sur la base des espaces publics choisis par la Ville lors de la première étape de la méthodologie : le lieu jugé le plus agréable se trouverait au sommet du thermomètre, le site le plus médiocre serait tout en bas. Ainsi, lorsque de nouveaux sites à évaluer se présentent, il suffit de les juger de la même manière pour qu'ils s'insèrent ensuite sur le thermomètre à la place qui leur convient le mieux, selon qu'ils soient bons ou mauvais. Une attention particulière doit être portée sur le choix des sites de base, étant donné que la construction du thermomètre dépend directement d'eux. Il est donc capital de sélectionner des espaces publics très variés, allant du très bon au très mauvais pour couvrir au mieux toutes les possibilités.

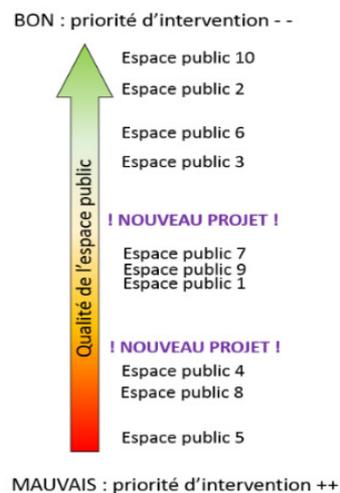


Figure 9 : exemple de rendu "thermomètre"

Les deux méthodes retenues pour y parvenir, Electre-Tri et la moyenne pondérée prudente, possèdent des propriétés et des paramètres distincts. Bien que le principe du thermomètre soit respecté pour les deux applications, les rendus vont forcément être un peu différents, avec un visuel et une interprétation propres à chaque méthode.

UTILISATION D'ELECTRE-TRI ET DE QGIS

La première application propose une combinaison de la méthode d'analyse multicritères Electre-Tri avec un logiciel de système d'informations géographiques. Le résultat prendra ainsi une forme catégorique et cartographique : les lieux traités seront colorés selon leur appartenance à une des catégories prédéfinies (par exemple bonne, moyenne ou mauvaise qualité). Un tableau du classement des lieux accompagnera la carte et fera office de thermomètre. Le programme choisi pour cette partie du travail est QGIS, étant donné qu'il s'agit d'un logiciel *Open Source*, autrement dit disponible gratuitement sur internet. De plus, un plugin Electre-Tri a déjà été développé pour ce programme il y a quelques années et est également disponible en téléchargement libre.

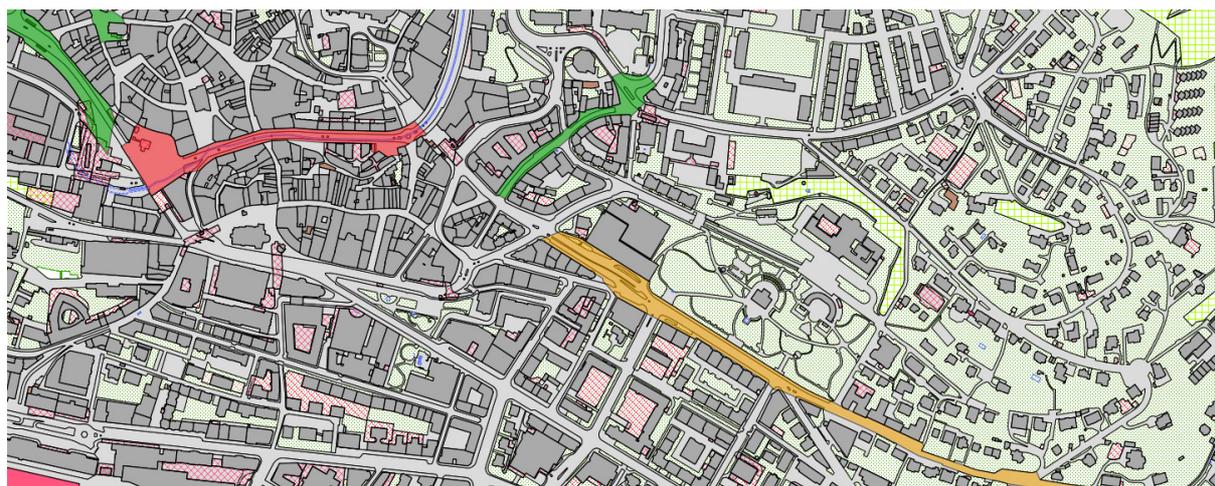


Figure 10 : exemple de rendu cartographique

UTILISATION DE LA MOYENNE PONDÉRÉE PRUDENTE

La seconde application fait intervenir la méthode de la moyenne pondérée prudente. Globalement, la façon de procéder reste la même que pour le premier rendu : les mêmes espaces publics seront notés aux yeux des mêmes critères. Cependant, contrairement à Electre-Tri, la moyenne pondérée prudente ne propose pas un classement, mais un rangement. Les espaces publics évalués ne seront pas attribués à des catégories mais rangés, du plus agréable au plus médiocre. Ce rangement fera office de thermomètre. La moyenne pondérée prudent sera mise en œuvre sur Excel, puisqu'il n'existe actuellement aucun programme automatisé pour l'appliquer.

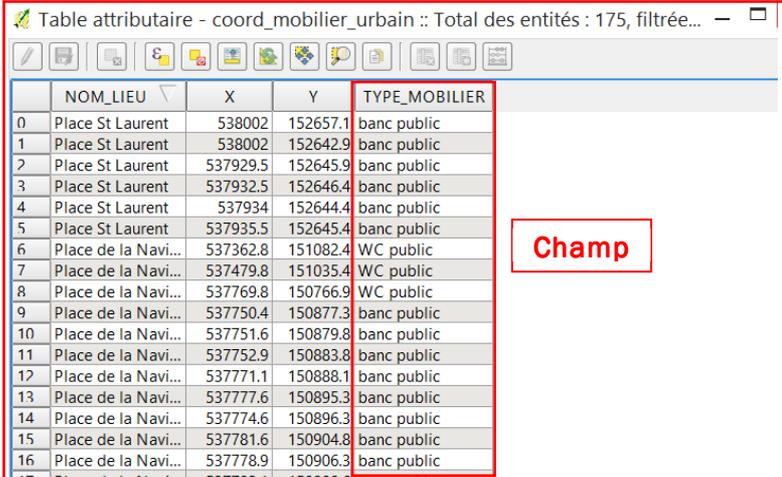
SIG : SYSTÈME D'INFORMATIONS GÉOGRAPHIQUES

Un système d'informations géographiques, couramment abrégé SIG, est un logiciel graphique permettant, en plus d'établir des cartes, l'acquisition, le stockage, la manipulation et l'analyse de données (Chrisman, 2002). Le terme de système d'informations géographiques fut utilisé pour la première fois dans les années 60 par Roger Tomlinson, lors de ses travaux de création d'une base géographique pour le gouvernement canadien⁶². Depuis, des logiciels performants n'ont cessé d'être développés et leur utilisation est aujourd'hui très répandue plusieurs domaines.

Il existe une multitude de logiciels de SIG (ArcGIS, QGIS, Géoconcept etc.), dont les capacités regroupent à peu près celles de logiciels de dessin, de base de données et de traitements d'images. De nos jours, les SIG sont utilisés dans d'innombrables domaines, allant par exemple de la géographie à l'économie, en passant par la santé.

Les SIG fonctionnent avec un système de couches, pouvant être comparées à des calques au format papier. Il existe deux types de couches : les rasters, ou images, contenant des données stockées sous forme de pixels et les couches vectorielles, dont les données sont représentées par des éléments géométriques de type point, ligne ou polygone et dont les données sont stockées sous la forme d'attributs liés. Chaque couche, quelle que soit son type, regroupe des éléments d'une même thématique, par exemple les arbres (points) ou les bâtiments (polygones). La représentation cartographique finale dépend de la superposition et de l'affichage des différentes couches qui la composent.

Table attributaire



	NOM_LIEU	X	Y	TYPE_MOBILIER
0	Place St Laurent	538002	152657.1	banc public
1	Place St Laurent	538002	152642.9	banc public
2	Place St Laurent	537929.5	152645.9	banc public
3	Place St Laurent	537932.5	152646.4	banc public
4	Place St Laurent	537934	152644.4	banc public
5	Place St Laurent	537935.5	152645.4	banc public
6	Place de la Navi...	537362.8	151082.4	WC public
7	Place de la Navi...	537479.8	151035.4	WC public
8	Place de la Navi...	537769.8	150766.9	WC public
9	Place de la Navi...	537750.4	150877.3	banc public
10	Place de la Navi...	537751.6	150879.8	banc public
11	Place de la Navi...	537752.9	150883.8	banc public
12	Place de la Navi...	537771.1	150888.1	banc public
13	Place de la Navi...	537777.6	150895.3	banc public
14	Place de la Navi...	537774.6	150896.3	banc public
15	Place de la Navi...	537781.6	150904.8	banc public
16	Place de la Navi...	537778.9	150906.3	banc public
17				

Champ

Figure 11 : exemple d'attributs liés à une donnée vectorielle

⁶² <https://www.esri.com/about/newsroom/arcnews/roger-tomlinson-geographer/>

Etant donné qu'il est prévu d'effectuer une importante partie des calculs concernant les critères à référence spatiale par le biais du logiciel de SIG QGIS, il semble indiqué de présenter succinctement les termes du domaine les plus courants :

- Les géodonnées : « Les géodonnées sont des données à référence spatiale qui décrivent le territoire. Cela signifie qu'elles permettent de localiser plus ou moins précisément sur le territoire des objets (bâtiments, routes, zones d'affectation, etc.) en fonction de leurs caractéristiques spatiales. ⁶³»
- Le géotraitement : « Le géotraitement se définit comme l'exécution méthodique d'une série d'opérations sur les données géographiques. ⁶⁴»
- Shapefile : le *shapefile* est le nom du format de données vectorielles le plus courant. Étant commun à la majorité des logiciels de cartographie ou de dessin, il permet l'échange aisé de données spatiales entre utilisateurs et logiciels ;
- Attribut : un attribut est un renseignement rattaché à une couche de données et stocké dans une table attributaire, constituée de plusieurs champs. Chaque champ renseigne une information pour chaque objet contenu dans la couche. Par exemple, une couche de type point « arbre » peut contenir dans les champs de sa table attributaire des attributs renseignant l'essence, la hauteur, le diamètre du tronc etc. pour chaque arbre contenu dans la couche ;
- Digitaliser : introduire manuellement des données spatiales dans une couche vectorielle, par exemple en dessinant les contours d'un bâtiment dans une couche de type polygone.

Outre l'aspect cartographique, divers outils et options permettent d'effectuer du géotraitement, en modifiant l'échelle, la projection, le système de coordonnées ou encore en effectuant divers calculs de surface. Dans le cadre de ce travail, le périmètre des espaces publics à traiter sera digitalisé et servira de base à diverses opérations de géotraitement pour compléter les données relatives aux critères qui seront définis avec l'aide des acteurs de la Ville de Lausanne. Ci-dessous, quelques exemples des opérations de géotraitement les plus communes :

- Zone tampon : la zone tampon permet de calculer un périmètre à une certaine distance autour d'un objet vectoriel ;
- Cut : l'outil « *cut* » permet de découper des lignes et des polygones selon les contours d'un autre polygone ;
- Intersection : l'outil « intersection » coupe des lignes ou des polygones à leur intersection avec une autre ligne ou un autre polygone ;
- Count point in polygon : cet algorithme permet de compter les points d'une couche contenus dans le polygone d'une autre couche, par exemple le nombre d'arbres (points) sur une parcelle (polygone) ;
- Add coordinates to points : cet algorithme permet de calculer les coordonnées de points, en ajoutant deux champs par objet, contenant les coordonnées X et Y.

L'utilisation d'un SIG en commun avec une méthode d'analyse multicritères n'est pas chose nouvelle, puisque Francis Marleau Donais l'a par exemple déjà réalisé dans sa thèse de doctorat, en couplant la méthode d'analyse multicritères Macbeth avec le logiciel ArcMap. Auparavant, d'autres l'ont aussi testée, et cette tendance fait l'objet du paragraphe suivant.

⁶³ <https://www.vd.ch/themes/territoire-et-construction/cadastre-et-geoinformation/geodonnees/>

⁶⁴ <https://desktop.arcgis.com/fr/arcmap/10.3/map/working-with-arcmap/map-automation-using-geoprocessing.htm>

La dimension spatiale est un facteur important lors d'un processus de décision en aménagement du territoire. Du fait de ses capacités de gestion et de modélisation des données spatiales, le SIG se présente comme le meilleur outil pour traiter les problèmes à référence spatiale. Cependant, les problématiques d'aménagement dépendent très souvent de plusieurs critères et c'est ainsi qu'elles rejoignent le domaine de l'AMCD.

Les logiciels d'analyse multicritères existants sont peu adaptés pour l'aide à la décision à référence spatiale, notamment pour les raisons suivantes (Chakhar, 2007) :

- Ils ne disposent pas de capacités de gestion des données à référence spatiale.
- Ils ne possèdent aucun outil de représentation cartographique, pourtant très utile pour une meilleure appréhension et compréhension des résultats d'analyse multicritères.

L'utilisation d'un SIG, couplé avec une méthode d'AMCD, permet de pallier à ces deux insuffisances. Ainsi, un intérêt réel pour une pareille approche est observé, en raison du nombre croissant de travaux émergeant sur le sujet. Malczewski (2010) a classé ces divers travaux selon le type de couplage entre les logiciels des deux domaines :

- L'absence de couplage : le SIG et le logiciel d'analyse multicritères sont deux systèmes complètement distincts. Les bases de données et l'interface graphique des deux logiciels sont totalement séparées ;
- Le couplage faible : ce type de couplage regroupe les travaux dans lesquels il existe un moyen d'importer et/ou d'exporter les données d'un logiciel à l'autre ;
- Le couplage serré : les deux logiciels partagent la même interface graphique, mais pas nécessairement la même base de données. Le transfert des données d'un système à l'autre n'est pas complètement transparent pour l'utilisateur ;
- L'intégration complète : la méthode d'aide à la décision est complètement intégrée dans le SIG; elle constitue une fonctionnalité semblable aux autres.

Cependant, beaucoup parmi ces travaux sont restés inachevés et très peu débouchent sur une méthode véritablement applicable. Cette situation peut être expliquée par les limites identifiées par Chakhar (2006) dans sa thèse de doctorat :

- L'intégration indirecte : les travaux SIG-AMCD ne sont complètement couplés au logiciel d'analyse multicritères que dans 10% des cas ;
- L'intégration d'une seule méthode d'AMCD : comme exposé dans les sections précédentes chaque méthode d'AMCD présente des avantages et inconvénients et le choix de la méthode à utiliser est propre à chaque cas. Cependant, beaucoup de SIG n'intègrent actuellement qu'une seule méthode d'AMCD.
- Le choix de la méthode : l'utilisateur choisit souvent une méthode d'AMCD en fonction de ses connaissances personnelles, ce qui peut se révéler inadéquat.
- La maîtrise inégale du SIG et de l'AMCD : l'utilisateur voulant se servir d'outils d'analyse multicritères dans un SIG doit posséder des connaissances pointues des deux domaines, ce qui n'est pas souvent le cas dans la réalité. Cette situation limite clairement l'utilisation de l'analyse multicritères dans les SIG.

De plus, Pirlot, Sobrie et Joerin (2013), identifient une limite supplémentaire qu'ils nomment la stabilité de la solution technique. Par ce terme, ils entendent l'abandon de la mise à jour des méthodes d'analyse multicritères implémentées dans les SIG, les rendant ainsi obsolètes et inutilisables avec des logiciels SIG plus récents. Ainsi, ils ont développé un travail visant à dépasser ces limites, et ont mis en place un plugin basé sur la méthode d'AMCD Electre-Tri, disponible en ligne et utilisable avec le logiciel QGIS.

LES MÉTHODES ELECTRE

Electre est une méthode d'analyse multicritères appartenant à la famille des méthodes d'agrégation partielle. Elle est basée sur la notion de surclassement entre objets, comparés par paires. Electre est déclinée en plusieurs variantes, dont fait partie celle utilisée pour ce travail, Electre-Tri.

Les méthodes Electre peuvent être apparentées à l'une ou l'autre problématique (voir p.9), selon qu'on utilise Electre-Tri, Electre III etc. Les méthodes Electre reposent sur les notions suivantes :

- Non-transitivité des préférences : les préférences ne sont pas forcément rationnelles, par exemple si l'action A est meilleure que l'action B et que l'action B est meilleure que l'action C, cela n'induit pas forcément que l'action A est meilleure que l'action C aux yeux des décideurs ;
- Incomparabilité : les actions peuvent être admises comme incomparables l'une par rapport à l'autre ;
- Indifférence : les actions peuvent être admises comme indifférentes l'une par rapport à l'autre.

En plus de la pondération des critères, commune à la majorité des méthodes d'analyse multicritères, les paramètres de calculs propres aux méthodes Electre sont les suivants :

- Seuil d'indifférence : c'est la plus grande valeur X pour admettre une indifférence entre l'action A et l'action B sur un critère j , où $X = \text{note de l'action B} - \text{note de l'action A}$ sur le critère j ;
- Seuil de préférence : c'est la plus petite valeur Y pour admettre une préférence globale de l'action B sur l'action A, où $Y = \text{note de l'action B} - \text{note de l'action A}$ sur un critère j ;
- Seuil de véto : sur le critère j , quelle doit être la valeur de l'écart Z pour qu'en aucun cas, globalement, A puisse être considérée comme meilleure que B quelles que soient les évaluations de A et B sur tous les autres critères⁶⁵ ? Où $Z = \text{note de l'action B} - \text{note de l'action A}$ sur le critère j .

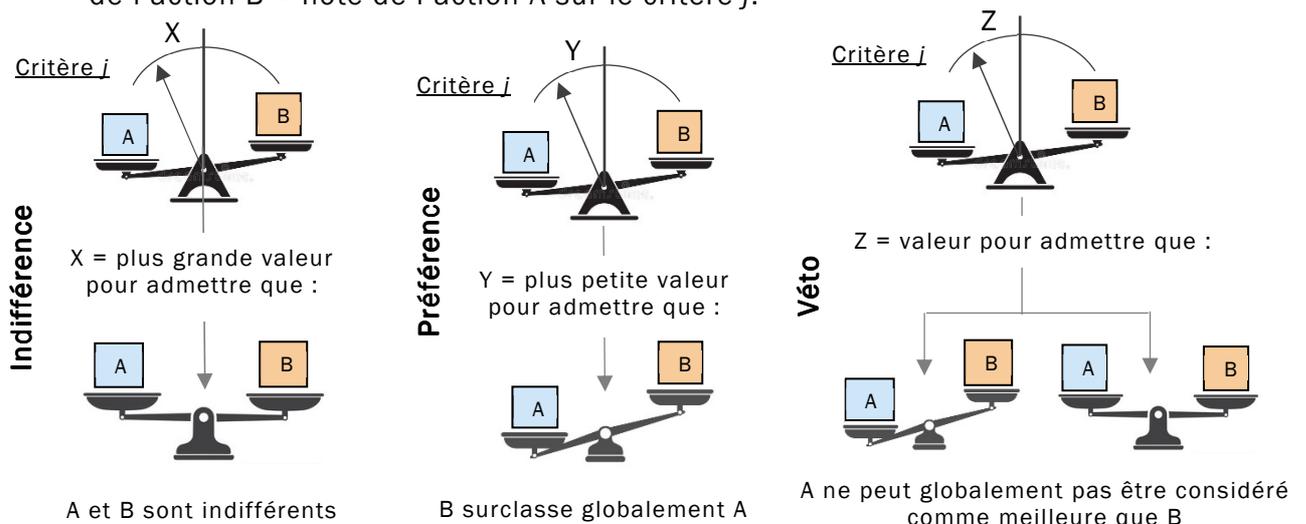


Figure 12 : paramètres Electre, les différents seuils

⁶⁵ Mousseau V., Slowinski R., Zielniewicz P. (1999). ELECTRE TRI 2.0a METHODOLOGICAL GUIDE AND USER'S MANUAL, p.13

La comparaison des actions par paires, selon chaque critère, peut aboutir sur quatre relations différentes :

1. A surclasse B

Pour déterminer si A surclasse B, il suffit de se poser les questions suivantes⁶⁶ :

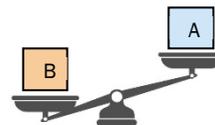
- Est-ce que **la majorité des critères** estiment que **A est au moins aussi bon que B** ?
- Si, **sur tel ou tel critère**, A est faible par rapport à B, est-ce que cela peut être **compensé** ?

A surclasse B, avec un degré de surclassement **faible**



OUI, peut être compensé sur d'autres critères

A surclasse B, avec un degré de surclassement **élevé**



NON, ne peut pas être compensé sur d'autres critères

Figure 13 : l'action A surclasse l'action B

Si la **réponse aux deux questions est OUI, A surclasse B**. Dans le cas contraire, A ne surclasse pas B.

2. B surclasse A

Pour déterminer si B surclasse A, il suffit de se poser les mêmes questions, mais dans l'autre sens :

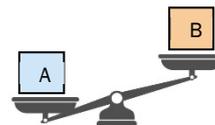
- Est-ce que **la majorité des critères** estiment que **B est au moins aussi bon que A** ?
- Si, **sur tel ou tel critère**, B est faible par rapport à A, est-ce que cela peut être **compensé** ?

B surclasse A, avec un degré de surclassement **faible**



OUI, peut être compensé sur d'autres critères

B surclasse A, avec un degré de surclassement **élevé**



NON, ne peut pas être compensé sur d'autres critères

Figure 14 : l'action B surclasse l'action A

Si la **réponse aux deux questions est OUI, B surclasse A**. Dans le cas contraire, B ne surclasse pas A.

66 Joerin F. Analyse multicritères, les méthodes Electre, slide 28-29

3. A et B sont indifférents

Pour déterminer si A et B sont indifférents, il suffit de reprendre les questions des deux points précédents :

- Est-ce que **la majorité des critères** estiment que **A est au moins aussi bon que B** ?
- Si, **sur tel ou tel critère**, A est faible par rapport à B, est-ce que cela peut être **compensé** ?
- Est-ce que **la majorité des critères** estiment que **B est au moins aussi bon que A** ?
- Si, **sur tel ou tel critère**, B est faible par rapport à A, est-ce que cela peut être **compensé** ?

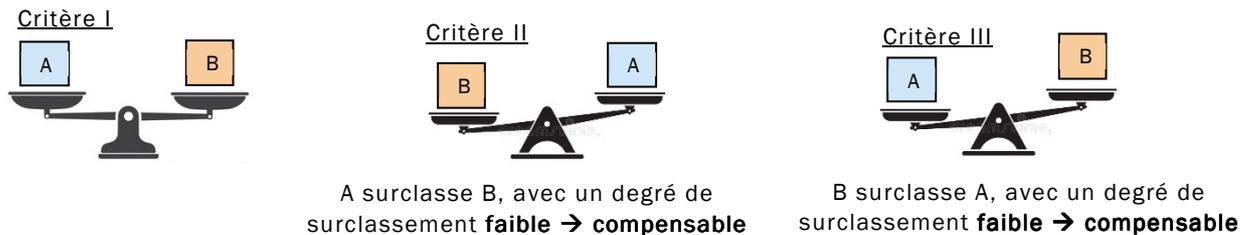


Figure 15 : les actions A et B sont indifférentes entre elles

La réponse aux quatre questions est OUI, donc **A surclasse B et B surclasse A**. Dans un tel cas, **A et B sont indifférents**.

4. A et B sont incomparables

Enfin, pour déterminer si A et B sont incomparables, il suffit également de répondre aux questions suivantes :

- Est-ce que **la majorité des critères** estiment que **A est au moins aussi bon que B** ?
- Si, **sur tel ou tel critère**, A est faible par rapport à B, est-ce que cela peut être **compensé** ?
- Est-ce que **la majorité des critères** estiment que **B est au moins aussi bon que A** ?
- Si, **sur tel ou tel critère**, B est faible par rapport à A, est-ce que cela peut être **compensé** ?

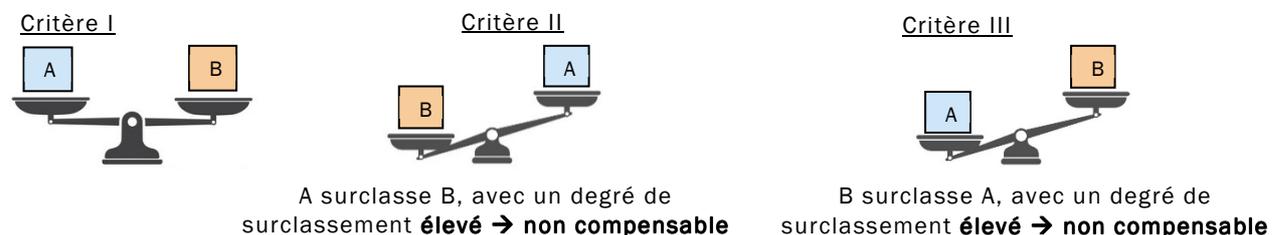


Figure 16 : les actions A et B sont incomparables entre elles

Etant donné que la **compensation entre critères est impossible** pour A comme pour B, **A ne surclasse pas B et B ne surclasse pas A**. Dans ce cas, **A et B sont considérés comme incomparables**.

Le fonctionnement global des méthodes Electre décrit précédemment est valable pour la méthode Electre-Tri, qui sera utilisée lors de la partie opérationnelle de ce travail. Toutefois, la particularité d'Electre-Tri réside dans sa manière de comparer les paires d'actions. Au lieu de comparer les actions entre elles deux par deux, Electre-Tri nécessite la définition de deux ou plusieurs actions de références, bonnes et mauvaises, sans qu'elles ne soient cependant trop extrêmes.

Ensuite, chacune des actions à juger est comparée aux actions de référence, et les relations de surclassement sont établies entre elles. Ainsi, le résultat de la comparaison d'une action à juger par rapport aux actions de référence permet de la classer dans une catégorie, dont le nombre est prédéfini.

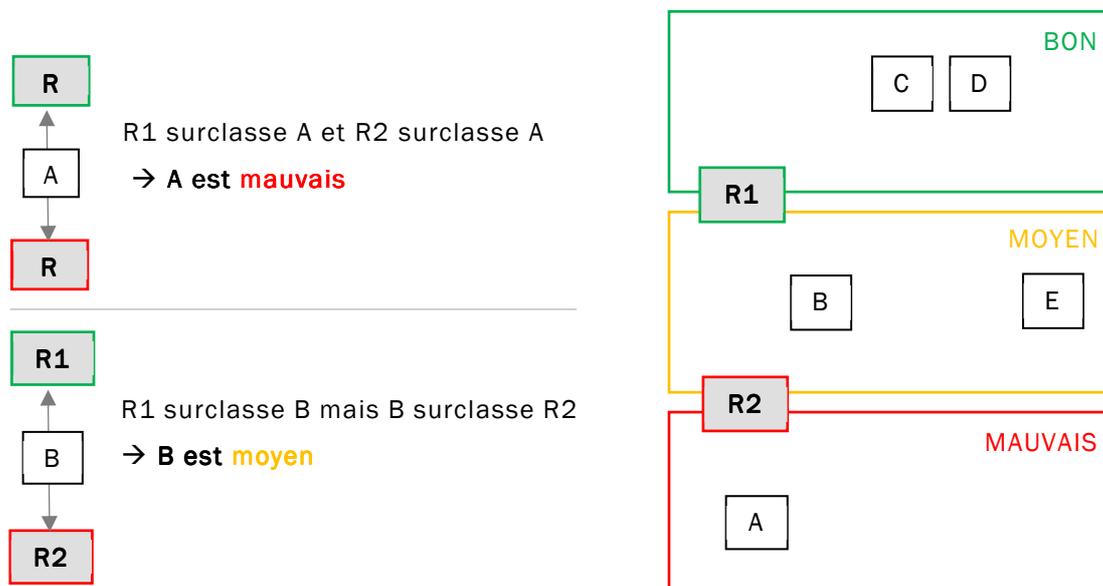


Figure 17 : fonctionnement du surclassement dans Electre-Tri

Le plugin Electre-Tri intégré au logiciel QGIS permet de générer une carte décisionnelle, à partir d'une carte dite multicritères. Une carte multicritères consiste en une couche vectorielle contenant l'ensemble des entités spatiales évaluées sur les différents critères du problème, autrement dit une couche contenant les notes attribuées à chacun des critères pour chaque espace public à analyser. La carte décisionnelle, quant à elle, contient l'ensemble des entités spatiales assignées à une des catégories attribuées par les calculs du plugin Electre-Tri. Autrement dit, la carte affiche les lieux jugés selon la couleur de la catégorie à laquelle ils correspondent.

LA MOYENNE PONDÉRÉE PRUDENTE

La moyenne pondérée prudente, la seconde méthode retenue pour la partie opérationnelle de ce travail, appartient à la famille des méthodes d'agrégation complète, c'est-à-dire que tous les jugements sont agrégés en une seule fonction d'utilité. Ainsi, toutes les variantes sont considérées comme comparables et un indice de satisfaction global peut être calculé pour chacune d'entre elles afin d'effectuer un rangement. Cette notion induit que toutes les différentes notations des critères doivent pouvoir être projetées sur une échelle cardinale commune, ce qui peut présenter un inconvénient dans certains cas. De plus, le fonctionnement de la moyenne pondérée prudente fait que cette méthode accepte plus largement la compensation entre critères, ce qui implique qu'une variante mauvaise sur un critère peut être compensée par une force sur un autre critère. Dans la plupart des cas où intervient une moyenne pondérée prudente, cette hypothèse contraignante n'est pas problématique, mais il est important d'y prêter attention lors de l'interprétation des résultats.

En plus de la pondération, commune aux méthodes Electre, la moyenne pondérée prudente utilise les notions de seuils de satisfaction nulle et complète et d'écart-équivalents. Les seuils de satisfaction sont généralement à fixer par les acteurs, pour chaque critère, dans leur unité respective. Le seuil de satisfaction nulle correspond à la valeur en dessous de laquelle une variante sera considérée comme non satisfaisante sur un critère, tandis que le seuil de satisfaction complète correspond à la valeur minimale pour qu'une variante soit considérée comme pleinement satisfaisante sur un critère. Ainsi, la variante la plus mauvaise peut tout de même être satisfaisante et la meilleure variante peut ne pas être complètement satisfaisante. Les écarts-équivalents quant à eux, correspondent à des taux de change : ils permettent d'exprimer à quoi correspond la variation d'un critère dans les unités des autres critères et offrent une certaine appréciation sur la pondération des critères, les seuils de satisfaction nulle et complète ainsi que sur le rangement final des variantes.

La moyenne pondérée prudente est une méthode privilégiant la satisfaction et les préférences des intervenants et dont les notions, peu compliquées, peuvent être assimilées relativement facilement par les différents acteurs concernés. Cependant, étant donné que les résultats prennent la forme de niveaux de satisfaction globale, en valeurs chiffrées, le risque de réduire une décision aux seules mesures quantitatives est présent. L'appréciation des différentes notions et des enjeux qui entourent les variantes sont donc nécessaires, tout comme l'accompagnement des intervenants par l'homme d'étude.

MACBETH

Cette méthode d'analyse multicritères est celle utilisée par Francis Marleau Donais dans sa thèse de doctorat, point de départ de l'actuel travail. Par conséquent, bien qu'elle ne soit pas utilisée, le choix a été fait de tout de même la présenter succinctement. Ainsi, le lecteur peut se faire une idée plus complète du panel d'approches rendues disponibles par la science de l'aide à la décision par l'analyse multicritères.

La méthode d'analyse multicritères MacBeth fonctionne sur un logiciel (<http://m-macbeth.com/>) et préconise une approche basée sur les jugements qualitatifs sur les différences d'attractivités entre les objets de comparaison. Ensuite, une cote est attribuée à chaque objet sur chaque critère. Sept catégories sémantiques de différence d'attractivité sont introduites dans MacBeth : différence d'attractivité nulle, très faible, faible, modérée, forte, très forte et extrême. Ceci est à l'origine du nom MACBETH : *Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation TecHnique* (Mesurer l'attractivité par une technique d'évaluation basée sur des catégories)⁶⁷. Le résultat prend la forme d'une cote globale par objet de comparaison, correspondant à la somme pondérée des cotes de l'objet sur chaque critère. Cette cote globale représente l'attractivité de l'objet de comparaison, aux yeux de tous les critères selon leur poids. De plus, le logiciel offre également diverses possibilités pour effectuer des analyses de sensibilité et tester la robustesse du résultat obtenu. Comme toute méthode d'analyse multicritères, MacBeth présente des avantages et désavantages en fonction du cas à traiter.

Bien que la méthode MacBeth aurait pu convenir à ce travail, elle n'a pas été retenue pour plusieurs raisons. Premièrement, ne l'ayant pas abordée dans le cursus du master, il aurait fallu partir de zéro, ce qui aurait pris un temps non négligeable. Deuxièmement, contrairement à la moyenne pondérée prudente qui ne nécessite qu'un tableau de calculs Excel et à Electre-Tri dont le plugin est disponible en open source, le logiciel MacBeth doit s'acquérir via le site internet officiel. Toutefois, cette méthode n'est pas forcément à exclure dans le cadre de la priorisation des espaces publics lausannois et pourrait sans autre faire l'objet d'une étude ultérieure.

A présent que les deux méthodes choisies pour la partie opérationnelle du travail ont été exposées, l'application concrète peut commencer. Les chapitres suivants traitent de la méthodologie mise en place. Le déroulement commun à tous les procédés d'analyse multicritères, présenté en p.7-8, est utilisé comme fil rouge. Ainsi, les titres des chapitres portent le nom des quatre grandes étapes, afin de structurer les explications de manière plus aisée pour le lecteur.

67 <http://m-macbeth.com/wp-content/uploads/2017/10/M-MACBETH-Guide-de-lutilisateur.pdf>

APPLICATION SUR LE CAS LAUSANNOIS

1. DRESSER LA LISTE DES OBJETS DE COMPARAISON

Le terme technique « objets de comparaison » désigne, dans ce cas, les espaces publics lausannois à comparer pour établir un modèle. Il est important de sélectionner des lieux représentatifs et aux qualités variées, pour servir de base à l'élaboration des rendus de type « thermomètre ». De plus, la méthode Electre-Tri nécessite de choisir au minimum deux espaces publics de référence. La sélection s'est déroulée en deux temps.

1.1 REPRÉSENTATION CARTOGRAPHIQUE

Premièrement, une représentation cartographique a été établie sur le logiciel QGIS pour offrir une grossière vue d'ensemble des caractéristiques de chaque espace public, à l'aide de diverses couches SIG fournies par le service compétent de la Ville de Lausanne :

- Couche « points » contenant les fontaines ;
- Couche « points » contenant les zones de mobilité présentant un certain danger, dites « points noirs » ;
- Couche « points » contenant les arbres ;
- Couche « polygones » contenant les surfaces d'eau ;
- Couche « polygones » contenant les surfaces boisées ;
- Couche « polygones » contenant les surfaces vertes (ou herbées) ;
- Couche « polygones » contenant les routes et chemins ;
- Couche « polygones » contenant les autres surfaces dures, donc imperméables ;
- Couche « polygones » contenant les bâtiments
- Couche « points » contenant les noms de rues sous la forme d'étiquettes ;

Ci-dessous, un exemple du rendu visuel avec quelques couches nommées, dans la zone de la gare de Lausanne :

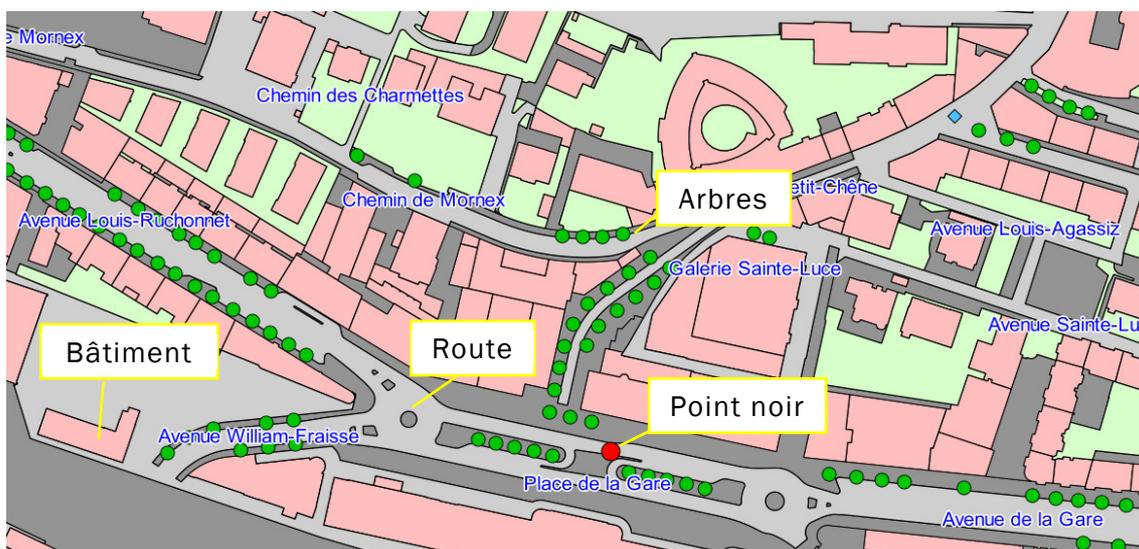


Figure 18 : exemple de rendu cartographique pour le choix des sites

1.2 CHOIX DES SITES PAR LA VILLE

Une fois terminée, la représentation cartographique a été transmise à la Ville de Lausanne, au format shapefile et PDF, pour qu'elle puisse lui offrir un support visuel pouvant orienter sa sélection des espaces publics à traiter lors de la suite du travail. Il lui a été demandé de choisir des espaces publics dont la qualité varie afin de pouvoir dresser un modèle complet de type « thermomètre » par la suite. La liste suivante a été dressée par la Ville de Lausanne :

Rue/Place Centrale

La Rue Centrale de Lausanne se situe au centre-ville historique. Elle est très fréquentée et bordée de nombreux commerces, restaurants et autres activités. Les avenues piétonnes sont relativement larges mais la circulation motorisée est encore assez présente.



Figure 19 : Rue Centrale

Rue Saint-Laurent

La Rue et la place Saint-Laurent se situent également au centre-ville historique, non loin de la Rue Centrale. La Rue Saint-Laurent est essentiellement piétonne et commerciale, tandis que la place accueille l'Eglise du même nom.

Place de la Navigation

La place de la Navigation se situe au sud de la ville, proche des Quais d'Ouchy et de du terminal du métro M2, la station Ouchy-Olympique. Elle se trouve également au bord du lac Léman et accueille une imposante fontaine ainsi qu'une place de jeux. Cette place est très fréquentée, surtout en été et il s'y déroule périodiquement des activités comme un marché ou diverses fêtes.



Figure 20 : place de la Navigation

Place de la Sallaz

La Place de la Sallaz est située au nord-est de la ville et est directement desservi par le métro M2, dont la station se trouve au centre de la place. La place de la Sallaz est essentiellement piétonne, calme et abrite quelques activités comme des restaurants ou des commerces de détails. Tout comme la place de la Navigation, la place de la Sallaz accueille périodiquement un marché.



Figure 21 : place de la Sallaz

Rue Marterey / Place de l'Ours

La place de l'Ours et la Rue Marterey se situent au nord-est du centre-ville historique de Lausanne, sur la ligne du métro M2 dont la station « Ours » se trouve directement à proximité de la place éponyme. Le haut de la rue Marterey et la place de l'Ours sont piétons et assez fréquentés. On y trouve notamment des commerces, terrasses et restaurants. Le bas de la rue Marterey est encore ouvert à la circulation et des places de stationnement bordent la rue des deux côtés. Au niveau topographique, une pente assez présente descend de la place de l'Ours au bas de la rue Marterey.

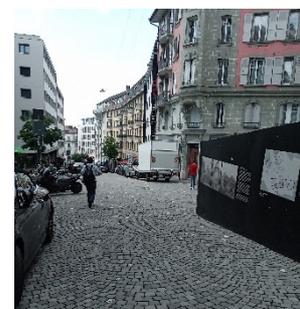


Figure 22 : Rue Marterey

Route du Pavement

La route du Pavement se situe au nord de la ville, près du lac de Sauvabelin. La rue est bordée d'arbres à l'est et de bâtiments résidentiels à l'ouest. De par sa nature plutôt résidentielle, la rue du Pavement est un endroit plutôt calme et peu fréquenté, accueillant peu d'équipements, mise à part une petite place de jeux. Quelques arrêts de bus se trouvent à proximité, mais la rue est essentiellement dédiée à la circulation motorisée individuelle et héberge un parking. Un trottoir et quelques passages piétons permettent tout de même de s'y déplacer à pied en relative sécurité.



Figure 23 : route du Pavement

Rue/Placette des Terreaux

La rue et la placette des Terreaux se situent au nord-ouest du centre-ville historique. La rue est bordée de nombreux commerces et autres activités, elle est ainsi très fréquentée. Bien que les trottoirs soient larges et les transports publics bien présents, la rue des Terreaux est encore essentiellement dédiée aux transports individuels motorisés et la circulation y est dense.



Figure 24 : Rue des Terreaux

Place du Tunnel

La place du Tunnel se situe en dehors du centre-ville, au nord, au pied de la rue de la Borde. Elle est bordée de commerces, restaurants et autres activités. De forme triangulaire, la place du Tunnel est essentiellement dédiée au stationnement automobile, ainsi ce n'est pas spécialement un endroit fréquenté car il est peu agréable pour les piétons. Cependant, son emplacement en fait un espace public au potentiel réel.



Figure 25 : place du Tunnel

Carrefour Sévelin-Tivoli

Le carrefour entre l'avenue de Sévelin et l'avenue de Tivoli se situe en dehors du centre-ville historique, à l'ouest. C'est un point de croisement entre d'importantes artères de circulation automobile. Ainsi, c'est un endroit très bruyant et peu dédié aux activités, à part quelques commerces, notamment une Migros à proximité. La fréquentation piétonne est moyennement élevée et surtout dédiée au passage, non à la promenade.

Quartier des Fleurettes

Le quartier des Fleurettes se situe au sud de la gare de Lausanne. Principalement dédiées au logement, les rues de ce quartier sont calmes et peu fréquentées, que ce soit par les automobiles ou les piétons. Les rues accueillent une mobilité mixte, puisqu'il n'y a pas de trottoirs, et seulement quelques places de stationnement sur les côtés, réservées aux riverains. Les transports publics ne descendent pas jusqu'au sein même du quartier, mais quelques arrêts de bus se trouvent aux alentours.



Figure 26 : quartier des Fleurettes

Avenue d'Echallens / Chemin de Montétan

L'avenue d'Echallens est très fréquentée, que ce soit par les véhicules ou les piétons. En effet, les rez-de-chaussée hébergent de nombreuses activités et les étages des logements, ce qui en fait un lieu de passage. De plus, le tracé du LEB, encore en surface, longe toute l'avenue. Les trottoirs étant assez étroits, il n'est pas spécialement agréable de s'y promener en tant que piéton.

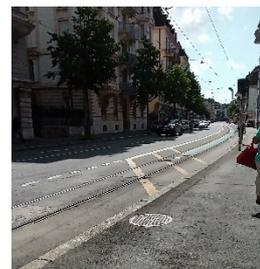


Figure 27 : Avenue d'Echallens

Rue de la Pontaise / Avenue Henri-Druey

La rue de la Pontaise accueille des logements et des commerces, ce qui en fait une rue fréquentée, plutôt par les véhicules que par les piétons. Quelques places de stationnement bordent les trottoirs. L'avenue Henri-Druey est plus calme, moins fréquentée et davantage dédiée aux logements.



Figure 28 : Rue de la Pontaise

Parvis EPSIC – ETML

Du fait de sa vocation formatrice, le site EPSIC-ETML est naturellement assez fréquenté, majoritairement par des étudiants. Situé entre la rue de Genève, l'avenue de Sévelin et la rue de Sébeillon, la circulation est assez importante aux alentours du site et des nombreuses places de stationnement sont disponibles, principalement réservées aux travailleurs du site.

Bâtiment TL et Maisons Familiales, Borde-Bellevaux

Le site Borde-Bellevaux se situe au nord de la ville et comprend dans son périmètre d'étude le bâtiment des transports publics lausannois, ainsi que le quartier des maisons familiales, ce qui en fait un site assez spécial. En effet, le quartier des maisons familiales est dédié aux logements, le rendant calme et peu fréquenté par la circulation. Au contraire, les alentours du bâtiment des TL sont plutôt dédiés aux activités et en font un secteur plus fréquenté.

Parc de la Brouette

Le parc de la Brouette se situe à l'ouest du centre-ville historique, au commencement de l'avenue d'Echallens. Peu équipé, peu sécuritaire et peu agréable, le parc est actuellement fermé pour révision.

Plaines-du-Loup

Le site des Plaines-du-Loup se situe au nord-ouest de la ville et dispose d'une grande surface encore non construite, ce qui le rend peu fréquenté. Le site accueille actuellement le service des automobiles et de la navigation et fait l'objet d'un important projet de construction d'un éco-quartier.

Avenue Mon-Repos / Avenue des Mousquines

L'avenue de Mon-Repos et l'avenue des Mousquines se situent à l'est du centre-ville historique. L'avenue Mon-Repos est bordée de nombreuses activités, tandis que l'avenue des Mousquines est plus calme et accueille davantage des logements.



Figure 29 : avenue Mon-Repos

Les espaces publics aux qualités variées retenus comme références pour la méthode Electre-Tri sont au nombre de six : la place/rue St-Laurent, la place de la Navigation, la place de la Sallaz, la rue Marterey/place de l'Ours, l'avenue Mon-Repos/Mousquines et la route du Pavement. Les autres espaces publics seront ainsi comparés à ces six références, selon la méthode exposée en p.34.

Une fois cette liste acquise, les sites ont été digitalisés sur le logiciel QGIS pour pouvoir faire l'objet de géotraitements par la suite, c'est-à-dire que leur périmètre a été dessiné sur QGIS dans une couche vectorielle de polygones. Les espaces publics retenus par la Ville font office d'objets de comparaison et le travail peut se poursuivre avec les premières réflexions sur les critères pour les étudier.

2. DRESSER LA LISTE DES CRITÈRES

Un critère doit permettre de mesurer l'effet d'une action sur les objectifs des acteurs influant sur le processus de décision et de déterminer les avantages ou inconvénients de chacun des différents objets de comparaison. La première réflexion lors de la construction des critères passe donc par l'identification des acteurs en présence et la détermination de leurs objectifs respectifs.

2.1 IDENTIFICATION DES ACTEURS ET DÉFINITION DES OBJECTIFS

Le cas des espaces publics lausannois rencontre la particularité d'être soumis à l'autorité communale. Ainsi, le seul acteur en présence est la Ville de Lausanne, en tant qu'entité composée de services divers. Chaque acteur intervenant dans le processus de décision agit dans l'intérêt de la Ville et non pour lui-même. Les objectifs à identifier ne sont donc pas de nature personnelle, mais liés à l'intérêt commun de la Municipalité lausannoise.

Ainsi, pour définir les objectifs de la Ville, en termes d'espaces publics, le Plan climat et la nouvelle politique des espaces publics ont servi de base de réflexion. En effet, ces documents regroupent les aspirations et préoccupations des divers services concernés par les espaces publics. En synthétisant les objectifs principaux issus de ces documents et en ne retenant que ceux en lien avec les espaces publics, la liste suivante est obtenue :

1	Représentation plus équilibrée genre/âge
2	Créer des identités de quartiers
3	Diversification des usages, appropriation
4	Favoriser la mixité
5	Augmentation de 50% de la surface de canopée
6	Zéro voiture thermique en ville
7	Diminution des flots de chaleur
8	Interconnexions
9	Développement de l'offre et baisse de prix TP
10	Etendre l'espace piéton
11	Développer le réseau cyclable
12	Ville tranquillisée : réduction généralisée des vitesses
13	Accessibilité pour tous, ville "au quart d'heure"
14	Sécurité pour tout les modes
15	Valoriser la topographie
16	Valoriser le patrimoine bâti
17	Renforcer une identité unique et forte
18	Mise en avant de la diversité de la population
19	Rayonnement, innovation, vitrine

Figure 30 : liste des objectifs en lien avec les espaces publics

2.2 DÉFINITION DES CRITÈRES

Comme expliqué précédemment, les critères sont déterminés de façon à mesurer les effets d'une action sur les objectifs des acteurs, ici de la Ville. Dans ce cas, les critères sont pensés de manière à mesurer, pour chacun des espaces publics donnés au point 1.2, sa qualité et son confort pour les usagers. A ce stade, un petit rappel théorique est nécessaire : pour qu'un critère soit défini comme tel, il se doit de respecter certaines propriétés :

- Avoir un sens : un critère peut être à maximiser ou minimiser ;
- Avoir une raison : le choix d'un critère peut être justifié en étant en relation avec au moins un des objectifs ;
- Avoir une méthode d'évaluation : la méthode d'évaluation ou de mesure d'un critère doit être définie ;
- Avoir une échelle : l'échelle doit permettre la notation du critère, qu'elle soit cardinale ou ordinale.

A l'aide des objectifs, une première liste de critères a été établie en collaboration avec M. Joerin et Mme Chausson, lors des séances de suivi hebdomadaires :

SOCIAL

N°	Objectif(s)	Nom du critère	Explication
1.1	1 / 18	Le Genre dans l'EP	Représentation des Genres dans l'EP (femmes, seniors etc.)
1.2	6 / 13	La ville au ¼ h	Possibilité d'accès à un EP en 15 min. à pied, depuis toute la ville
1.3	1 / 18	Sentiment de sécurité	Sentiment de sécurité personnelle dans l'EP

ENVIRONNEMENT

N°	Objectif(s)	Nom du critère	Explication
2.1	7	% surface imperméable	% de surface imperméable par rapport à la surface totale d'un EP
2.2	12	Qualité sonore	Qualité de l'ambiance et degré de nuisances sonores
2.3	5 / 7	% surface de canopée	% de surface d'un EP couvert par la canopée

MOBILITÉ

N°	Objectif(s)	Nom du critère	Explication
3.1	1 / 3	Présence de mobilier urbain	Mobilier urbain adapté aux usages d'un EP ?
3.2	6 / 8 / 9	Proximité des arrêts de TP	Ce critère permet de contrôler si un EP est bien desservi en TP
3.3	8 / 13 / 14	Accessibilité	Facilité d'accès aux EP (ex. pour les personnes à mobilité réduite)
3.4	14	Niveau de sécurité	Sécurité liée à la mobilité = points noirs (zones d'accidents)

IDENTITE LAUSANNOISE

N°	Objectif(s)	Nom du critère	Explication
4.1	2 / 17 / 19	Rayonnement de l'EP	Importance de l'EP : échelle du quartier, de la ville etc. ?
4.2	16	ISOS	Est-ce que l'EP est contenu dans un périmètre ISOS ?
4.3	2 / 17	Service public	Proximité aux EP des services publics, comme les écoles

ECONOMIE

N°	Objectif(s)	Nom du critère	Explication
5.1	19	Densité d'activités commerciales au Rez	Fréquentation liée aux commerces
5.2	3 / 4	Rapport emplois/habitants	Bonne ou mauvaise mixité ?
5.3	15 / 16 / 19	Lieu de fréquentation touristique	EP présentant un attrait touristique ?

Figure 31 : première liste de critères établie, base des réflexions lors de la séance

Ensuite, une séance participative de deux heures a été organisée le 11 mai 2021 avec divers intervenants de la Ville de Lausanne, afin de discuter de la liste des critères. Cette séance a regroupé une dizaine de participants issus des entités suivantes :

- Service des Eaux
- Service de l'Environnement
- Services des Routes et mobilité
- Service des parcs et domaines - Spadom
- Service de l'Urbanisme
- Service du Patrimoine
- Délégués anciens et jeunesse

Les participants ont été répartis, selon leurs affinités professionnelles, en deux groupes traitant respectivement des thèmes social – économie – mobilité et environnement – mobilité – identité lausannoise. La séance s'est clôturée sur une mise en commun des discussions tenues dans chacun des deux groupes. A terme, les échanges ont fait émerger de nouveaux critères et ont également entraîné la modification du nom ou de l'explication de certains critères. Ainsi, la séance a permis d'enrichir la liste de critères de base selon les différents points de vue et préoccupations des services présents.

Pour conclure cette étape du travail, une nouvelle liste de critères avec leurs propriétés a été dressée (disponible en annexe I), en compilant la liste de critères de base et les résultats de l'atelier participatif. Cependant, tous les ajouts et modifications n'ont pas pu être conservés, principalement lorsqu'il était impossible de mesurer ou récolter des données relatives à certains nouveaux critères. De plus, certaines redondances entre les thèmes ont entraîné des fusions de critères. La liste ci-dessous résume les critères retenus, par thème :

SOCIAL

N°	Nom du critère	Explication
1.1	Le Genre dans l'espace public	Représentation des Genres dans l'EP (femmes, seniors etc)
1.2	La ville au ¼ h	Possibilité d'accès à un EP en 15 min. à pied, depuis toute la ville
1.3	Sentiment de sécurité	Sentiment de sécurité personnelle dans l'EP

ENVIRONNEMENT

N°	Nom du critère	Explication
2.1	Perméabilité	Coefficient de perméabilité du sol
2.2	Qualité sonore	Qualité sonore à l'intérieur de l'EP
2.3	% surface de canopée	% de surface d'un EP couvert par la canopée

MOBILITE

N°	Nom du critère	Explication
3.1	Présence de mobilier urbain	Mobilier urbain adapté aux usages et à la fréquentation d'un EP ?
3.2	Proximité des arrêts de TP	Ce critère permet de contrôler si un EP est bien desservi par les TP
3.3	Niveau de sécurité	Sécurité liée à la mobilité = points noirs (zones d'accidents)

IDENTITE LAUSANNOISE

N°	Nom du critère	Explication
4.1	Rayonnement de l'espace public	Importance de l'EP : échelle du quartier, de la ville etc. ?
4.2	ISOS	EP contenu dans un périmètre ISOS ? présence de bâtiments protégés aux alentours ?
4.3	Grand paysage	EP dégagé ou encastré ?

ECONOMIE

N°	Nom du critère	Explication
5.1	Densité d'activités commerciales au Rez	Mètres linéaires de surfaces commerciales au Rez
5.2	Rapport emplois/habitants	Territoire d'activités ou de logements ?

Figure 32 : liste de critères définitive

La seconde grande étape du processus s'achève ici, avec la liste de critères ci-dessus et la manière de les mesurer. La liste, a priori définitive, risque d'évoluer encore un peu au cours du processus, en particulier lors de la récolte des données et des calculs. En effet, si des données se révèlent être indisponibles ou trop compliquées à implémenter dans les calculs, quelques modifications mineures des critères et de la façon de les mesurer pourront avoir lieu pour mener à bien les calculs.

3. JUGER CHACUNE DES ACTIONS SELON CHAQUE CRITÈRE

Avant de pouvoir évaluer chacun des espaces publics retenus aux yeux de la liste des critères, une importante récolte de données est nécessaire. Les critères mesurables sur une échelle cardinale sont traités avec des données publiques, principalement issues du guichet cartographique de la Ville de Lausanne (<https://map.lausanne.ch/>) et du site internet de la Confédération (<https://map.lausanne.ch/>), ce qui induit quelques limites. Premièrement, certaines données, de statistiques par exemple, ne sont pas mises à jour chaque année et ne refléteront par conséquent pas l'exacte réalité actuelle. Cependant, les données concernées (emplois, décibels etc.) connaissent des évolutions assez lentes dans le temps pour être considérées comme suffisamment représentatives pour servir à l'évaluation. Deuxièmement, la quantité et le type de données disponibles publiquement ne permettent parfois pas de cerner un critère d'une façon aussi complète qu'imaginé lors de la séance par les participants. Ces restrictions permettent toutefois d'évaluer les espaces publics efficacement pour dresser un modèle. En cas d'utilisation ultérieure, ledit modèle pourrait être complété et enrichi selon les données accessibles par son utilisateur, par exemple la Ville de Lausanne.

RÉCOLTE DES DONNÉES SELON CHAQUE CRITÈRE

Lors de la récolte de données, une première réflexion a induit quelques modifications sur la liste des critères définie à l'étape précédente, plus particulièrement sur les méthodes de mesure. Etant donné qu'une des méthodes d'AMCD qui sera appliquée à l'étape suivante, la moyenne pondérée prudente, nécessite de projeter tous les jugements sur une échelle cardinale commune pour sa mise en œuvre, les critères de types ordinaux ont été repensés. En effet, en projetant des données ordinales sur une échelle cardinale, une information de proportion est ajoutée de manière souvent arbitraire. Pour éviter de récolter des données qui seront faussées par la suite, la liberté de définir une échelle de notation commune, allant de 1 (qualité la plus médiocre) à 5 (qualité la plus haute), a été prise pour les critères de type initialement ordinal. Vu que ces critères ne peuvent pas être notés par calculs mais nécessitent l'intervention de tierces personnes et de leur jugement, une explication de cette échelle avec une attention particulière sur la notion des proportions pourra leur être fournie au moment de la récolte de données.

Les critères concernés sont :

- Le Genre dans l'espace public
- Sentiment de sécurité personnelle
- Rayonnement de l'espace public
- Grand paysage

De plus amples informations concernant la récolte de données et les éventuels calculs nécessaires à la notation des critères sont fournies dans les paragraphes suivants.

A ce moment donné du travail, une connaissance plus concrète des espaces publics à analyser semblait nécessaire. Par conséquent, la journée du 9 juillet 2021 a été entièrement consacrée à une visite de tous les lieux. Ainsi, certaines données ont été récoltées directement sur place, notamment avec l'aide des passants. L'échelle de 1 à 5 leur a été présentée par oral pour les différents critères concernés. Certains se sont activement impliqués et ont souhaité noter plusieurs espaces publics sur plusieurs critères, selon leurs connaissances des lieux. A la fin de la journée, suffisamment de données ont pu être récoltées pour mesurer la qualité de chaque espace public sur tous les critères.

1.1 Le Genre dans l'espace public

Le critère du « Genre dans l'espace public » sert à déterminer si un espace public est fréquenté de manière a priori équitable selon les catégories d'âge ou le sexe. Dans le cas de ce critère, l'échelle de 1 à 5 a été utilisée, le 1 représentant un espace public à la mixité pauvre, tandis que le 5 traduit un très bon équilibre.

1.2 La ville au ¼ heure

Le critère « la ville au ¼ heure » cherche à indiquer si un lieu de délasserement est accessible en quinze minutes à pied depuis un espace public, et plus largement si un tel lieu est accessible depuis n'importe quel endroit en ville. La réponse à cette interrogation ne pouvant être que oui ou non, ce critère se note de façon binaire, le oui correspondant à une satisfaction complète et le non à une satisfaction nulle. Pour traiter ce critère, les lieux de délasserement ont d'abord été définis comme étant les forêts et les parcs. Leurs positions ont ensuite été répertoriées à partir du site internet de la Ville, qui tient une liste de ces endroits, et digitalisées sur QGIS. Finalement, une zone tampon de 1.2 kilomètres, correspondant à 15 minutes à pied en moyenne, a été créée autour de chacun de ces lieux : si une zone tampon et le périmètre d'un espace public se chevauchent, cela veut dire qu'un lieu de délasserement est accessible en un quart d'heure à pied, ce qui correspond à une satisfaction complète. Un fait semblait intéressant à mentionner, les zones tampons ont une emprise presque à la taille de la ville, ce qui veut dire qu'un lieu de délasserement est accessible en 15 minutes à pied depuis presque tout point de la ville.

1.3 Sentiment de sécurité personnelle

Le critère « sentiment de sécurité personnelle » tente de traduire l'impression de sérénité ou au contraire d'anxiété liée à son intégrité, ressentie par la population lors de son usage d'un espace public. L'échelle de 1 à 5 a été utilisée, le 1 définissant un lieu comme très inquiétant voir dangereux et le 5 comme un lieu sécuritaire. Sans grande surprise, une plus forte tendance à attribuer des notes négatives a été observée chez les femmes que chez les hommes.

2.1 Perméabilité du sol

Le critère « perméabilité du sol » essaie de prendre en compte les préoccupations environnementales liées au ruissellement, à l'infiltration d'eau et aux îlots de chaleur. Lors de la séance participative, l'utilisation de coefficients d'infiltration relatifs aux nombreux types de sol différents a été préconisée. Cependant, l'absence de données techniques complètes et accessibles rendait une telle démarche impossible. Aussi, l'analyse du type de sol par orthophoto a été tentée mais la qualité des pixels ne l'a pas rendue possible. La possibilité de répertorier les types de sol en se rendant sur place directement a également été envisagée mais le temps imparti pour le travail rendait une telle approche impossible. De plus, il aurait été difficile de calculer la surface attribuée à chaque type de sol sans outils adéquats. Finalement, une solution simplifiée a été utilisée pour traiter ce critère dans le cadre de ce travail : un calcul de surface a été exécuté en tenant compte de la surface totale d'un espace public, ainsi que des surfaces bâties et à revêtement dur (routes, trottoirs, chemins etc.), considérées comme imperméables.

$$\frac{\Sigma \text{surfaces bâties et rev. dur}}{\text{surface totale d'un espace public}} * 100 [\%]$$

Le résultat est exprimé en % pour plus de simplicité. Plus le pourcentage de surface considérée comme imperméable est élevé, plus la qualité de l'espace public est impactée négativement et plus la priorité d'intervention sera élevée.

2.2 Qualité sonore

Le critère « qualité sonore » traduit les nuisances sonores auxquelles sont soumis les utilisateurs d'un espace public. Lors de la séance, les nuisances émises par un espace public pouvant incommoder ses alentours ont été évoquées mais il n'existe pas de données y relatives. Pour mesurer ce critère d'ordre cardinal, les données d'exposition au bruit routier, principal facteur d'importantes nuisances sonores, ont été utilisées. Ce sont des données de types raster datant de 2015 (chaque pixel correspond à un niveau sonore en décibels), qui ont été digitalisées au format vectoriel et renseignées sur le logiciel QGIS à partir du site internet de la Confédération. Ensuite, une moyenne pondérée par les surfaces exposées aux différents niveaux sonores a été effectuée pour attribuer une valeur finale à chaque espace public, en décibels.

2.3 Pourcentage de surface de canopée

Le critère « % surface de canopée » est concerné par de nombreuses préoccupations environnementales, notamment celle des îlots de chaleur. Ce critère indique quel pourcentage de la surface totale d'un espace public est recouvert par la canopée. Les données, de type raster, ont été digitalisées au format vectoriel sur QGIS depuis le guichet cartographique de la Ville de Lausanne (dernières mises à jour 2019).

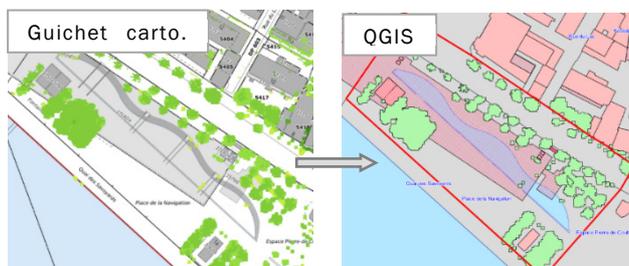


Figure 33 : digitalisation de la surface de canopée

Ensuite, un rapport de surfaces a été effectuée pour calculer le pourcentage de surface de canopée pour chaque espace public retenu : $\frac{\Sigma \text{surface de canopée}}{\text{surface totale d'un EP}} * 100 [\%]$

3.1 Présence de mobilier urbain

Le critère « présence de mobilier urbain » comptabilise le nombre d'objets (bancs, fontaines, WC publics etc.) présents dans le périmètre d'un espace public. Plus il y en a, plus l'espace public peut accueillir des usages variés et ainsi entraîner une certaine mixité de la population. Les géodonnées concernant le mobilier urbain ont été transmises par la Ville de Lausanne au format shapefile, avec une géométrie vectorielle de points. Ensuite, l'algorithme de géotraitement « *Count points in polygon* » de QGIS a permis de compter simultanément le nombre d'objets présents dans le périmètre de chacun des espaces publics retenus. Le résultat de cet algorithme prend automatiquement la forme d'une nouvelle couche shapefile avec un champ contenant le nombre de points (nombre d'objets), en plus des champs de la couche servant de base au calcul.

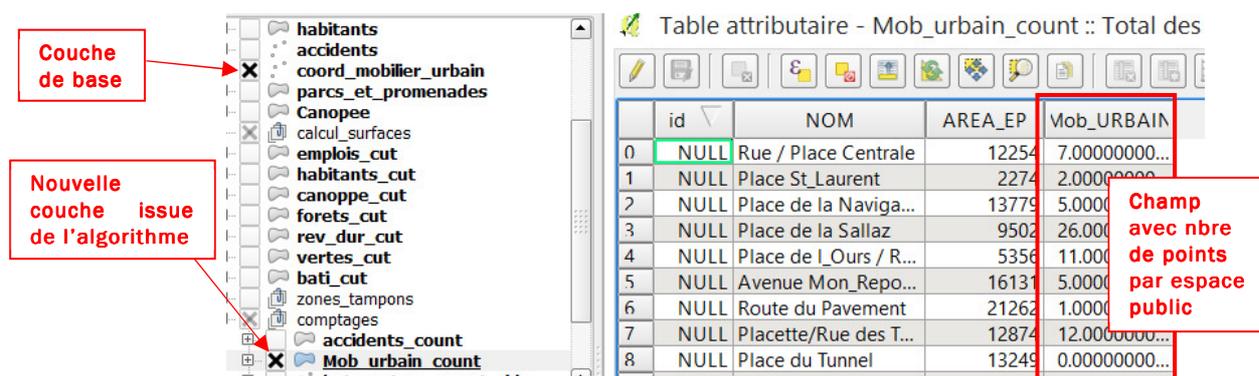


Figure 34 : comptage du mobilier urbain

3.2 Proximité des arrêts de TP

Le critère « proximité des arrêts de TP » a pour but de quantifier la desserte en transports publics d'un lieu. Les coordonnées des arrêts de TP (bus, train et métro) ont été récupérées sur le site de la Confédération (dernière mise à jour en juin 2021) et importées dans QGIS sous la forme d'une couche vectorielle de type points. Ensuite, une zone tampon de 400m autour de chacun des espaces publics retenus a été créée à l'aide des outils de géotraitement de QGIS et le nombre d'arrêts de TP présents dans ces nouveaux périmètres a été à nouveau compté à l'aide de l'algorithme « *Count points in polygon* ». Le résultat indique le nombre d'arrêts de TP rendant accessible un espace public en cinq minutes à pied, temps estimé lors des discussions de la séance pour considérer une desserte comme convenable.

3.3 Niveau de sécurité

Le critère « niveau de sécurité » s'intéresse à la sécurité liée à la mobilité en général. Les coordonnées des accidents avec dommages corporels, tous modes confondus, ont été extraites du site de la Confédération et importées dans QGIS. Ensuite, la même méthode que pour les deux critères précédents a été appliquée, à l'aide de l'algorithme « *Count points in polygon* ». Ainsi, plus un espace public comptabilise d'accidents dans son périmètre, plus son niveau de sécurité est mauvais et plus la priorité d'intervention est élevée.

4.1 Rayonnement de l'espace public

Le critère « rayonnement de l'espace public » cherche à traduire la renommée, l'effet « vitrine » d'un espace public. Dans un premier temps, il a été imaginé de ranger les lieux dans des catégories faisant référence à leur échelle (quartier, ville etc.) cependant, lors de la séance du 11 mai 2021, les participants ont fait remarquer qu'un petit espace public à l'échelle d'un quartier n'est pas moins prioritaire à réaménager qu'un lieu à l'échelle de la ville. C'est ainsi qu'il a été décidé de noter les espaces publics à étudier selon leur renommée, les plus petits n'étant pas toujours les moins connus. Pour ce faire, l'échelle de 1 à 5 a été utilisée et soumise aux passants, le 1 désignant un lieu peu connu et le 5 un lieu dont la renommée s'étend au-delà de la ville.

4.2 Présence de bâtiments classés/inventoriés

Le critère « ISOS » a été renommé « présence de bâtiments classés/inventoriés » pour plus de clarté et concerne les préoccupations patrimoniales liées aux espaces publics. Il a été décidé de prendre en compte les bâtiments classés et inventoriés (niveau de protection différent) puisqu'ils présentent tous des qualités architecturales notables. La liste de ces bâtiments est disponible sur le guichet cartographique de la Ville de Lausanne, qui a servi à renseigner la couche vectorielle des bâtiments dans QGIS. Les bâtiments à valeur architecturale étant souvent présents aux alentours des espaces publics, à défaut d'être directement dans le périmètre, une zone tampon de 80 mètres (environ une minute à pied) a été créée pour ensuite y compter les bâtiments présents. Cette manière de faire permet de prendre en compte les bâtiments visibles depuis un espace public sans y être forcément inclus, et qui impactent tout de même positivement la qualité d'un espace public.



Figure 35 : comptage des bâtiments classés/inventoriés avec zone tampon

4.3 Grand paysage

Le critère « Grand paysage » devait, à l'origine, permettre de classer les espaces publics dans des catégories selon leur topographie, identifiées par une étude de la Ville de Lausanne : grimpée, ville avec vue, ville intérieure etc. Cependant, de telles catégories ne permettaient pas d'effectuer une priorisation, la ville avec vue n'étant par exemple pas de moins bonne qualité que la ville intérieure, et vice versa. Finalement, l'échelle de 1 à 5 a de nouveau été soumise à la population rencontrée sur place. Ici, le 1 signifie que la topographie d'un lieu n'est pas mise en valeur et qu'un réaménagement pourrait l'améliorer. Le 5 traduit un espace public en harmonie avec sa topographie.

5.1 Densité d'activités commerciales au Rez

Le critère « densité d'activités commerciales au Rez » cherche à déterminer si le Rez des façades bordant un espace public est suffisamment dédié aux activités pour rendre un espace public vivant et économiquement attractif. Les activités comprennent les commerces, les restaurants, les services etc. Pour quantifier ce critère, chacun des espaces publics retenus a été visité le 9 juillet 2021 afin de déterminer quels bâtiments hébergeaient des activités au Rez. Ensuite, un rapport entre les mètres linéaires de façades commerciales et de façades autres (logements, églises etc.) a été effectué et multiplié par 100 pour obtenir le pourcentage de façades commerciales disponible pour chaque espace public.

$$\frac{\text{façades commerciales [m]}}{\text{façades autres [m]}} * 100$$



Figure 36 : digitalisation des façades commerciales

5.2 Rapport emplois/habitants

Le critère « rapport emplois/habitants » sert à déterminer si les bâtiments présents dans le périmètre d'un espace public sont plutôt dédiés aux logements ou aux activités, qui rendent un secteur économiquement plus attractif. La mixité et la diversification des usages dans un espace sont deux objectifs récurrents des politiques d'aménagement actuelles. Le ratio emplois/habitants peut déjà constituer un bon indicateur pour ces objectifs. Le nombre d'habitants par hectare, ainsi que le nombre d'emplois en équivalent plein temps par hectare sont disponibles sur le site internet de la Confédération. L'emploi en équivalent plein temps (EPT) est déterminé par la conversion du volume de travail, qui est habituellement mesuré en termes d'emploi ou d'heures de travail, en emplois à plein temps⁶⁸. Les données par hectare ont d'abord été introduites dans QGIS, puis les hectares ont été découpés selon les périmètres des espaces publics. Ensuite, une moyenne pondérée par surfaces a été effectuée pour déterminer le nombre moyen d'emplois et d'habitants pour chacun des espaces publics retenus. Finalement, le rapport nombre d'emplois moyen/nombre d'habitants moyens a été effectué et ramené en pourcentage pour plus de clarté.

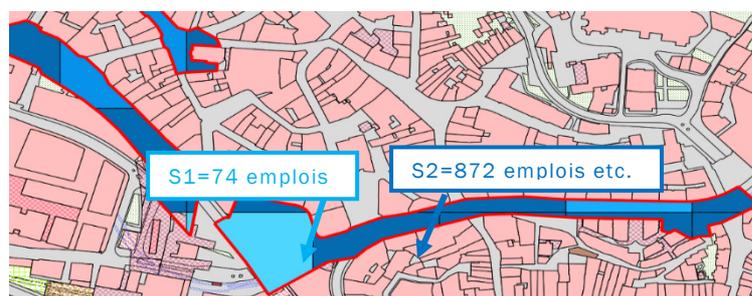


Figure 37 : calculs du rapport emplois/habitants

$$1. \text{ Poids} = \frac{S_i}{S_{\text{totale EP}}}$$

$$2. \text{ emp. moy} = \frac{\sum (\text{poids}_i * \text{nbre emplois}_i)}{\sum \text{poids}}$$

$$3. \text{ emp/hab} = \frac{\text{Emp. moyen}}{\text{Hab. moyen}} * 100$$

Une fois les données récoltées pour tous les critères, et ce pour chacun des espaces publics retenus, il reste à déterminer les préférences des acteurs (ici, les participants à la séance) pour y ajuster les paramètres de calcul.

Tous les calculs sont disponibles dans le fichier Excel « résultats », en annexe II.

68 https://www.geocat.ch/geonetwork/srv/fre/md.viewer#/full_view/1a764cdd-9d11-4cfe-b440-66d7caef7fa4/tab/complete

SONDAGE SUR LA PONDÉRATION ET LES PRÉFÉRENCES DES ACTEURS

La deuxième intervention des acteurs, après la séance du mois de mai, était prévue sous la forme d'une seconde séance abordant leurs préférences pour y ajuster les paramètres de calcul. Cependant, la pondération, initialement prévue lors de la première séance de mai, n'avait pas pu être abordée, faute de temps, et devrait donc être reportée sur la deuxième séance. La pondération en plus des préférences sur chacun des quatorze critères induit un volume de travail trop conséquent pour une seule séance de deux heures. De plus, les agendas déjà chargés des participants potentiels et le temps imparti pour terminer le travail dans son intégralité rendent difficile la tenue d'une séance supplémentaire à ce stade du travail.

Ainsi, il a été décidé de créer des questionnaires en ligne par thème (environnement, mobilité, identité et économie), abordant la pondération dans un premier temps et les préférences des acteurs sur les critères du thème concerné dans un second temps. Le thème « social » n'est pas abordé par un questionnaire étant donné que ses critères sont majoritairement liés à une appréciation personnelle et ont nécessité une approche plus directe des usagers des espaces publics.

Cette solution permet aux acteurs de travailler sur le/les thème(s) avec lesquels ils ont le plus d'affinités selon leurs compétences, et selon leurs disponibilités. De plus, l'utilisation des deux méthodes de la moyenne pondérée prudente et d'Electre-Tri nécessitent de déterminer des paramètres différents, qui sont facilement abordables dans un questionnaire en ligne.

Chacun des quatre questionnaires se présente de la même manière. Dans la première page, il est demandé aux participants de ranger les critères par importance, selon un ordre discontinu. Le facteur de pondération, qui détermine le rapport entre le premier et le dernier critère, est également demandé à ce moment-là. Les résultats de cette section serviront à calculer le poids de chaque critère en pourcent par la méthode de Simos corrigée. Les deuxième et troisième page sont dédiées au rangement discontinu des six espaces publics de références et des onze espaces publics dont la révision est projetée. La dernière page est consacrée aux préférences des participants sur les critères relatifs au thème choisi. Le seuil d'indifférence est premièrement abordé sous la forme d'une matrice à choix unique (exemple ci-dessous). Ensuite, les participants sont interrogés sur les valeurs concernant leurs attentes minimales et raisonnables sur le même critère afin de déduire les seuils de satisfaction nulle et complète nécessaire aux calculs d'une moyenne pondérée prudente.

11. Critère [qualité sonore]*

En considérant la qualité d'un espace public, veuillez indiquer votre avis par rapport aux variations du critère [qualité sonore] présentées ci-dessous. Vos réponses permettront de déterminer le paramètre appelé "seuil d'indifférence" sur ce critère. Note indicative : 60 décibels = valeur limite correspondant à un degré de sensibilité au bruit II (habitation), 70 décibels = DS IV (industrie).

	qualité sonore +/- égale	qualité sonore clairement différente	ne sais pas
50 décibels à 55 décibels	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
50 décibels à 60 décibels	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
50 décibels à 65 décibels	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
50 décibels à 70 décibels	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figure 38 : exemple de seuil d'indifférence

Tous les questionnaires en ligne sont accessibles via les liens en annexe III.

Les sondages ont récolté une réponse par thème, sauf pour le thème « environnement » qui en a récolté trois, ce qui fait un total de six participants. Toutefois, dans le thème « environnement », un participant n'a pas souhaité ranger les espaces publics par manque de connaissance des sites et s'est concentré davantage sur la détermination des seuils de satisfaction et d'indifférence. Ce sont donc cinq rangements différents qui ont été effectués par les participants.

Il est difficile d'observer une tendance sur seulement cinq réponses, les rangements et facteurs de pondération étant plutôt étendus. Des réponses plus nombreuses, tout comme des discussions communes, auraient permis de ressortir des similitudes au niveau des préférences des participants. Cela aurait également permis d'harmoniser les facteurs de pondération.

Concernant les seuils, certains n'ont été déterminés qu'une fois, ce qui limite clairement leur appréciation globale. De plus, certains participants ont attribué des seuils de satisfaction parfois assez éloignés des données réelles, par exemple pour la surface de canopée : le seuil de satisfaction nulle est fixé à 20% en moyenne, alors que le pourcentage calculé le plus élevé s'élève à 21.2 %. Cela va induire une satisfaction nulle sur la quasi-totalité des espaces publics, ce qui n'est sans doute pas réellement le cas. Etant donné que les seuils d'indifférence ont pris la forme de questions à choix multiples, il n'y a pas eu le même problème.

Les données issues des questionnaires en ligne sont exploitables pour réaliser le travail puisqu'elles permettent d'effectuer tous les calculs. Cependant, il est regrettable de ne pas avoir pu en discuter communément avec les participants pour les ajuster davantage. Les résultats finaux risquent de ne pas correspondre à la réalité des préférences des participants.

PONDÉRATION DES CRITÈRES

La pondération des critères, qui est identique pour les deux méthodes, est définie par la méthode dite « de Simos corrigée » : les acteurs exécutent un rangement discontinu des critères, avec rangs vides et égalités autorisés, selon l'ordre d'importance qui prévaut à leurs yeux et choisissent un facteur de pondération, autrement dit le rapport de poids entre le premier et le dernier critère. Ensuite, un jeu de poids est calculé par les formules associées à la méthode de Simos corrigée pour chacun des rangements effectués par les participants :

$$P_j = 1 + \left((F-1) \times \frac{R_{\max} - O_j}{R_{\max} - R_{\min}} \right)$$

F : Poids du critère le plus important
 P_j : poids du critère j
 O_j : ordre du critère j

$$W_j = \frac{P_j}{\sum P_j}$$

P_j : poids du critère j
 W_j : poids en % du critère j

La moyenne des différents poids sur chaque critère servira de valeur finale pour les calculs de la moyenne pondérée prudente et d'Electre-Tri. Les jeux de poids individuels pourront être réutilisés à la fin des calculs pour exécuter une analyse de sensibilité.

Tous les calculs de pondération sont disponibles dans l'onglet « pondération_critères » du fichier Excel « MPP » en annexe IV.

La dernière étape du travail d'analyse multicritères consiste à agréger les jugements selon les méthodes d'Electre-Tri et de la moyenne pondérée prudente. A l'exception du jeu de poids identique, les paramètres utilisés diffèrent dans les deux cas. Les deux procédés sont détaillés au paragraphe suivant.

4. AGRÉGATION

Avant toute manipulation plus avancée, les notations de chacune des variantes selon chaque critère ont été rassemblées dans un tableau de synthèse servant de base aux calculs, disponible dans l'onglet « résultats » du fichier éponyme en annexe II.

ELECTRE-TRI

La première méthode utilisée est celle, déjà décrite dans les chapitres précédents, d'Electre-Tri. Premièrement, une nouvelle couche *shapefile* de type « polygone » a été créée dans QGIS, contenant le périmètre de chacun des espaces publics à analyser. Ensuite, les données du fichier « résultats » ont été transférées dans la table attributaire de cette nouvelle couche, comme le montre l'image ci-dessous :

c /	NOM	1.1 Genre	1.2 quart	1.3 secu p	2.1 permea	2.2 sonore	2.3 canope	3.1 mob ur	3.1 Tp pro	3.3 secu r	4.1 rayonn	4.1 bat cl	4.3 paysag	5.1 rez ac	5.2 emp/ha
0	1 Rue / Pla...	5	oui	5	100	65.5	14.2	7	17	26	4	30	3	100	649
1	2 Place St_L...	4	oui	4	100	52.3	2.1	2	16	1	3	15	2	82	350
2	3 Place de l...	5	oui	4	100	60.4	20.9	5	4	8	3	8	5	35	142
3	4 Place de l...	4	oui	3	100	60.5	2.7	26	5	9	2	0	2	100	31
4	5 Place de l...	4	oui	4	100	64.3	1.3	11	9	7	3	1	3	100	83
16	6 Mon_Rep...	3	oui	4	97	65.0	10.3	5	16	15	2	9	3	68	131
5	7 Route du ...	4	oui	4	100	61.9	11.7	1	18	15	1	0	3	100	12

Figure 39 : données du fichier "résultats" transférées sur QGIS

La création d'une telle couche, ne contenant que les données strictement nécessaires aux calculs (les notes), est essentielle pour ensuite l'introduire dans la boîte de dialogue du plugin Electre-Tri installé sur QGIS.

Deuxièmement, le plugin Electre-Tri est ouvert et la boîte de dialogue suivante apparaît :

The screenshot shows the 'ELECTRE-TRI' dialog box with several key sections and annotations:

- Criteria:** A list of criteria with their weights and directions (Max/Min). Annotations include 'Critères', 'Sens', and 'Poids'.
- Input Layer:** Set to 'Electre_Tri'. An annotation 'Couche de base' points to this field.
- Categories:** Set to 5. An annotation 'Nombre de catégories souhaitées' points to this field.
- Thresholds:** Includes 'No veto' and 'MR-Sort model'. An annotation 'Seuils d'indifférence' points to this section.
- Inference:** A tab at the top with an annotation 'Actions de référence' pointing to it.
- Reference Tables:** Two small tables are shown on the right, one with 'Category' and another with 'Criteria' and numerical values.

Figure 40 : paramétrages du plugin Electre-Tri

Les réglages concernant le sens des critères et leur poids, le nombre de catégories, les actions de référence et les seuils d'indifférence sont effectués. Mis à part le nombre de catégories, toutes ces données sont tirées du fichier Excel « MPP », disponible en annexe IV. Le nombre de catégories est fixé à cinq : très peu prioritaire, peu prioritaire, intermédiaire, prioritaire et très prioritaire. Les actions de référence correspondent aux six espaces publics de référence, cités en p.41. Enfin, une fois tous les paramètres définis, la carte décisionnelle est générée automatiquement par le plugin Electre-Tri qui attribue une catégorie à chacun des espaces publics retenus.

Résultats

L'espace public « Place de l'Ours/Rue Marterey » a été oté des références, car les critères le jugent comme bon alors que les rangements établis par les participants aux sondages le considéraient comme plutôt mauvais. Cette particularité donnait des résultats qui ne semblaient pas coller à la réalité, la décision de le passer en objet de comparaison a donc été prise. La carte décisionnelle suivante est obtenue (ci-dessous, à gauche). Les catégories attribuées à chaque espace sont synthétisées dans un tableau (ci-dessous, à droite). Une fois la moyenne pondérée prudente calculée, tous les résultats seront mis côte à côte et étudiés plus en détail.

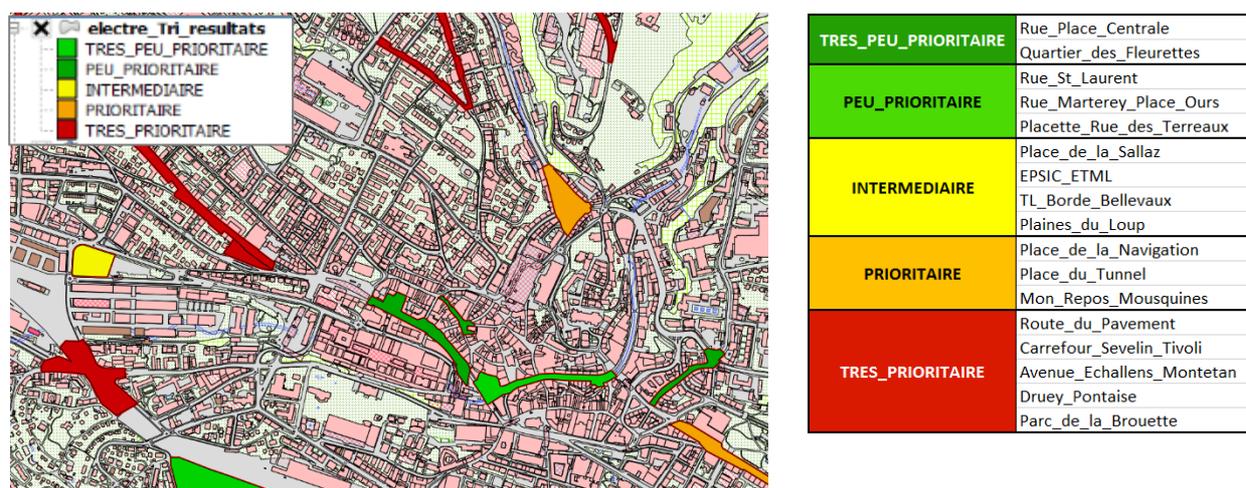


Figure 41 : résultats issus du plugin Electre-Tri

MOYENNE PONDÉRÉE PRUDENTE

La deuxième méthode utilisée, celle de la moyenne pondérée prudente, nécessite de construire un tableau de calculs de toute part sur Excel. Ce fichier Excel nommé « MPP » est disponible en annexe IV. Premièrement, un onglet « seuils de satisfaction » contenant les valeurs attribuées aux seuils de satisfaction nulle et complète, tirés pour la plupart des questionnaires en ligne, est créé. Certains critères, principalement issus des thèmes « identité lausannoise » et « économie » n'ont pas eu de réponses de la part des participants concernant les seuils de satisfaction. Ces derniers, en gris dans le tableau, sont déterminés d'après les discussions avec les passants lors de la journée exploratoire pour les critères concernés, et estimés selon l'étendue des valeurs calculées pour les critères restants. Deuxièmement, un onglet « rangement EP » est ajouté. Ce dernier contient les cinq rangements des espaces publics selon leur qualité, effectués par les participants aux questionnaires. Un rangement global est estimé à partir d'une moyenne sur ces données, afin de pouvoir comparer, par après, les résultats de la moyenne pondérée prudente et d'Electre-Tri. Etant basé sur des données ordinales, ce rangement global ne peut pas être considéré comme une moyenne mais plutôt comme une estimation. Troisièmement, un onglet « MPP » est créé et reprend la notation des critères pour chaque espace public, depuis le fichier Excel « résultats » de l'annexe II, ainsi que la pondération issue de l'onglet « pondération critères » du fichier « MPP ». Les valeurs des critères à minimiser sont exprimées négativement, pour que les formules tiennent compte du sens réel du critère. Deux lignes sont ajoutées en dessous des poids, reprenant les valeurs attribuées aux seuils de satisfaction nulle et complète, contenue dans l'onglet « seuils de satisfaction » du même fichier. Ensuite, un écart-équivalent fixé à 10% est calculé avec la formule associée (1).

La prochaine étape consiste à calculer le niveau de satisfaction partiel, en pourcents, pour chaque espace public sur chaque critère avec la formule correspondante (2). Enfin, le niveau de satisfaction globale est calculé (3), également en pourcents, et permet ainsi d'établir un rangement des espaces publics, du moins prioritaire (qualité la plus élevée) au plus prioritaire (qualité la plus médiocre).

$$E_j = \frac{k(sc_j - sn_j)}{w_j}$$

k : constante en %. (exemple, $k=10\%$ ou 20% , etc.)
 E_j : Ecart-équivalent sur le critère j
 sc_j : valeur de satisfaction complète sur le critère j
 sn_j : valeur de satisfaction nulle sur le critère j
 w_j : poids du critère j

Si $N_j \leq sn_j$ $S_j = 0$
 Si $sn_j < N_j < sc_j$ $S_j = \frac{N_j - sn_j}{sc_j - sn_j}$
 Si $sc_j \leq N_j$ $S_j = 1$

s_j : niveau de satisfaction de la variante sur le critère j
 N_j : Note sur le critère j
 sn_j : valeur de satisfaction nulle sur le critère j
 sc_j : valeur de satisfaction complète sur le critère j

$$S = \sum_1^j s_j \cdot w_j$$

S : Niveau de satisfaction globale de la variante
 s_j : niveau de satisfaction pour le critère j
 w_j : poids du critère j en pour cent [0 ;1]

Résultats

57%	Quartier des Fleurettes
55%	Rue / Place Centrale
54%	Place de l'Ours / Rue Marterey
53%	Placette/Rue des Terreaux
53%	Place de la Navigation
52%	Place St-Laurent
48%	Avenue Mon-Repos / Avenue des Mousquines
47%	Parvis EPSIC / ETML
47%	Toiture TL Borde/Bellevaux
41%	Place de la Sallaz
40%	Piece urbaine 1 Plaines-du-Loup
39%	Avenue d'Echallens / Montetan
38%	Route du Pavement
30%	Carrefour Sévelin-Tivoli
30%	Druey / Pontaise
29%	Place du Tunnel
21%	Parc de la Brouette

Figure 42 : résultats des calculs de la moyenne pondérée prudente

Le résultat prend la forme d'un rangement, depuis la satisfaction globale la plus élevée à la satisfaction globale la moins élevée. Dans ce cas, les lieux à analyser sont tous considérés comme des objets de comparaison, la moyenne pondérée prudente n'admettant pas d'actions de référence. A première vue, les écarts de pourcentages ne sont pas aberrants et aucune variante ne ressort clairement du rangement, que ce soit en négatif ou en positif.

Cependant, les incohérences relevées à la p. 51 au niveau des seuils de satisfaction par rapport aux données calculés entraînent des niveaux de satisfaction partiels majoritairement égaux à 0% ou à 100%. Cette situation engendre

également des niveaux de satisfaction globale quasiment identiques sur les critères (voir image ci-dessous).

Niveau de satisfaction globale					
Espace public					
Rue / Place Centrale	7%	6%	8%	0%	0%
Place St-Laurent	7%	6%	8%	0%	4%
Place de la Navigation	7%	6%	8%	0%	0%
Place de la Sallaz	7%	6%	4%	0%	0%
Place de l'Ours / Rue Marterey	7%	6%	8%	0%	0%
Avenue Mon-Repos / Avenue des Mousquines	3%	6%	8%	0%	0%
Route du Pavement	7%	6%	8%	0%	0%
Placette/Rue des Terreaux	7%	6%	8%	0%	0%
Place du Tunnel	0%	6%	0%	0%	0%
Carrefour Sévelin-Tivoli	0%	6%	0%	0%	0%
Quartier des Fleurettes	7%	6%	8%	0%	4%
Avenue d'Echallens / Montetan	7%	6%	4%	0%	0%
Druey / Pontaise	3%	6%	4%	0%	0%
Parvis EPSIC / ETML	7%	6%	8%	0%	0%
Toiture TL Borde/Bellevaux	7%	6%	8%	0%	4%
Parc de la Brouette	3%	6%	0%	0%	0%
Piece urbaine 1 Plaines-du-Loup	7%	6%	4%	7%	0%

Figure 43 : niveaux de satisfaction globale

Dans un tel cas, le rangement final est beaucoup plus influencé par la pondération que par les valeurs de notation des critères. Le résultat ne reflète a priori pas la réalité de la perception des espaces publics par les participants. Au moment de remplir les questionnaires en ligne, les participants n'ont malheureusement pas pu s'en rendre compte, étant donné l'absence d'interactions communes.

ANALYSE ET CRITIQUE DES RÉSULTATS

Ce paragraphe s'attache à considérer les résultats obtenus par l'application des deux méthodes. Le but est aussi de les comparer au rangement moyen issu des sondages en ligne, afin de les confronter à la perception de qualité selon les participants.

COMPARAISON DES RÉSULTATS

Le premier tableau (à gauche) résume les résultats issus du plugin Electre-Tri, le second (au centre) ceux issus de la moyenne pondérée prudente et le dernier (à droite) les rangs moyens attribués à chaque espace public à analyser, par les participants aux sondages en ligne.

ELECTRE-TRI	MOYENNE PONDEREE PRUDENTE	Rangs moyens d'après sondages en ligne
TRES_PEU_PRIORITAIRE Rue_Place_Centrale Quartier_des_Fleurettes	57% Quartier des Fleurettes 55% Rue / Place Centrale	1.6 Quartier des Fleurettes 1.8 Place de la Navigation
PEU_PRIORITAIRE Rue_St_Laurent Rue_Marterey_Place_Ours Placette_Rue_des_Terreaux	54% Place de l'Ours / Rue Marterey 53% Placette/Rue des Terreaux 53% Place de la Navigation	3.4 Piétonnisation Rue Centrale 3.8 Place de la Sallaz 4 Place / Rue St-Laurent
INTERMEDIAIRE Place_de_la_Sallaz EPSIC_ETML TL_Borde_Bellevaux Plaines_du_Loup	52% Place St-Laurent 48% Avenue Mon-Repos / Avenue des Mousquines 47% Parvis EPSIC / ETML 47% Toiture TL Borde/Bellevaux	5.2 Avenue Mon-Repos / Avenue des Mousquines 5.4 Place de l'Ours / Rue Marterey 5.8 Parvis EPSIC ETML 6.4 Route du Pavement
PRIORITAIRE Place_de_la_Navigation Place_du_Tunnel Mon_Repos_Mousquines	41% Place de la Sallaz 40% Piece urbaine 1 Plaines-du-Loup 39% Avenue d'Echallens / Montetan	7 Zone 20/30 Druey Pontaise 7 Parc de la Brouette 7.2 Requalification Echallens / Montétan
TRES_PRIORITAIRE Route_du_Pavement Carrefour_Sevelin_Tivoli Avenue_Echallens_Montetan Druey_Pontaise Parc_de_la_Brouette	38% Route du Pavement 30% Carrefour Sévelin-Tivoli 30% Druey / Pontaise 29% Place du Tunnel 21% Parc de la Brouette	7.6 Requalification Echallens / Montétan 7.8 Pièce urbaine des Plaines-du-Loup 8 Aménagement transitoire Place du Tunnel 9.4 Toiture TL Borde / Bellevaux 10.6 Carrefour Tivoli-Sévelin

Figure 44 : mise en commun des résultats

A première vue, les résultats d'Electre-Tri et de la moyenne pondérée prudente semblent en adéquation. Les quatre espaces publics arrivant en tête du rangement de la moyenne pondérée prudente sont également perçus comme de bonne à très bonne qualité par le plugin Electre-Tri, et donc peu à très peu prioritaires.

La rue/place St-Laurent s'approche de la qualité intermédiaire dans le rangement issu de la moyenne pondérée prudente, mais reste tout de même plus proche des espaces jugés bons, avec un écart de pourcentage plus faible par rapport à son prédécesseur que par rapport à son suivant.

L'EPSIC/ETML et le bâtiment des TL/Borde-Bellevaux sont unanimement jugés de qualité et priorité intermédiaires, tandis que le parc de la Brouette, l'avenue Henri-Druey/Rue de la Pontaise et le carrefour Sévelin-Tivoli sont considérés comme les pires et plus prioritaires, dans les deux cas.

Les résultats concernant les espaces publics restants sont un peu moins réguliers, mais ne vont pas jusqu'à se contredire pour autant. Premièrement, la place de la Sallaz, considérée comme de qualité intermédiaire par le plugin Electre-Tri, s'approche plutôt de la mauvaise qualité, selon les écarts de pourcentage du résultat de la moyenne pondérée prudente. Il en va de même pour les Plaines-du-Loup. Cependant, ces deux lieux restent tout de même parmi les « pires intermédiaires mauvais », ce qui ne contredit donc pas trop le classement du plugin les concernant.

Deuxièmement, la place du Tunnel est mieux perçue par le classement du plugin Electre-Tri que par la moyenne pondérée prudente, mais reste tout de même de mauvaise qualité et prioritaire.

L'avenue d'Echallens/Chemin de Montétan et la route du Pavement balancent entre la mauvaise et très mauvaise qualité selon les deux résultats. En réexaminant le tableau de calculs de la moyenne pondérée prudente, il est évident que ces deux lieux sont mal notés sur la majorité des critères, surtout ceux avec la pondération la plus élevée. Cependant les quatre espaces publics qui arrivent après eux sont encore plus mal notés. Etant donné qu'Electre-Tri est plus sensible à la pondération que la moyenne pondérée prudente, il est donc logique de retrouver une petite différence de jugement entre les deux méthodes. En voyant au-delà des simples chiffres, ces deux espaces publics peuvent donc bien être considérés comme de mauvaise à très mauvaise qualité et donc prioritaires à réaménager.

Finalement, les jugements de deux lieux, en bleu dans les tableaux, ne correspondent pas. Il s'agit de la place de la Navigation et de l'avenue Mon-Repos/Mousquines. La même raison que précédemment exposée explique en partie cette situation. Cependant, en plus, une certaine compensation est observée entre quelques critères, ce qui n'était pas vraiment le cas pour l'avenue d'Echallens/Chemin de Montétan et la route du Pavement. En considérant cela, aucun des deux résultats ne peut être déduit comme faux. Dans ce genre de situation, le choix d'accepter ou non la compensation doit venir du/des décideur(s)

La dernière partie de cette analyse se penche sur le tableau de droite, celui qui regroupe les rangs globalement estimés selon les réponses des participants aux sondages en ligne. Des écarts assez importants avec les résultats obtenus par calculs d'AMCD sont observés. Les espaces publics en rouge sont jugés plus durement par les méthodes d'AMCD que par les participants au sondage, et la rue/placette des Terreaux, en vert, est au contraire mieux jugée. Ces différences ne traduisent pas des fautes dans les calculs, mais le besoin d'une ou plusieurs itérations dans les paramètres de calculs. En effet, ces derniers étant également attribués par les participants aux sondages, c'est à eux que reviendrait la décision de les modifier pour qu'ils conviennent mieux à leur perception première des espaces publics à analyser. Ils peuvent toutefois aussi faire le choix d'attribuer plus de crédit à leur choix des paramètres et à leur notation des critères qu'à leur instinct premier lors de leur choix de rangement des espaces publics à étudier.

Les tableaux de comparaison sont disponibles dans l'onglet « Comparaison MPP_Electre-Tri » du fichier Excel « MPP » en annexe IV.

ANALYSE DE SENSIBILITÉ

Pour les deux méthodes utilisées, une analyse de sensibilité a été exécutée afin de tester la robustesse des résultats obtenus. Les six jeux de critères non moyennés, issus des sondages en ligne et disponibles dans l'onglet « pondération des critères » du fichier « MPP » en annexe IV ont servi à effectuer six analyses de sensibilité par méthode.

ELECTRE-TRI

La méthode d'AMCD Electre-Tri est assez sensible aux changements de pondération, bien plus que la moyenne pondérée prudente. Ainsi, plus le facteur de pondération est élevé, plus les écarts de poids seront importants entre les critères. D'ailleurs, les catégories les plus déséquilibrées sont observées dans les deux analyses de sensibilité utilisant le facteur le plus élevé, à savoir 10. Après ces constatations, il est donc relativement normal de découvrir que les analyses de sensibilité révèlent des différences par rapport au résultat final utilisant le jeu de pondérations moyenné. Les observations suivantes sont notamment faites :

- La rue/place Centrale et le quartier des Fleurettes sont toujours considérés de très peu à peu prioritaires. Cette situation est due à leurs notes, plutôt bonnes sur la majorité des critères. Ainsi, même si la pondération change, le classement de ces deux lieux restera stable. Une exception est toutefois observée pour la rue/place Centrale, qui est attribuée à la catégorie prioritaire lors de la quatrième analyse de sensibilité : le jeu de poids lié à cette analyse avantage les critères sur lesquels la rue/place Centrale est le moins bien noté.
- La place de la Navigation et l'EPSIC/ETML alternent d'une catégorie à l'autre suivant le jeu de pondération utilisé. L'examen de la notation des critères révèle que ces deux lieux sont soit plutôt très bons, soit plutôt très mauvais sur certains critères. Ainsi, il suffit que la pondération avantage des critères sur lesquels ces espaces publics sont moins bien notés pour qu'ils descendent dans des catégories plus mauvaises.
- La rue Marterey/place de l'Ours est majoritairement jugée peu à très peu prioritaire, donc de bonne qualité. Cependant, ce lieu est globalement moins bien noté sur les critères environnementaux que sur les autres. Par conséquent, lorsque ces critères obtiennent un poids plus important, ce qui se produit dans deux cas, la rue Marterey/place de l'Ours se retrouve dans des catégories moins bonnes, allant jusqu'à être considérée comme prioritaire.
- La rue/place St-Laurent est considérée comme peu à très peu prioritaire, sauf dans deux cas où la pondération sur les critères « présence de mobilier urbain », « % surface de canopée » et « perméabilité du sol » est plus importante. Dans ces cas-là, la rue/place St-Laurent se retrouve dans la catégorie intermédiaire, puisqu'elle n'est pas très bien notée sur ces trois critères.
- La rue/placette des Terreaux est le seul espace public à être toujours jugé comme peu prioritaire. Bien qu'il soit mauvais sur les critères environnementaux, qui ont généralement un poids assez élevé, ce lieu est plutôt bon sur les autres critères qui ont tendance à avoir des poids aussi assez importants, comme la « présence de mobilier urbain » ou le « sentiment de sécurité personnelle », ce qui peut en partie expliquer cette situation.
- Le bâtiment des TL/Borde-Bellevaux se retrouve dans plusieurs catégories différentes. Après vérification, il se trouve que cet espace public est soit plutôt bien noté, soit plutôt mal noté, à peu près sur tous les critères. Il peut donc souvent bouger suivant quels critères sont privilégiés par le jeu de pondération.

- La place de la Sallaz est considérée comme intermédiaire, sauf dans un cas où les poids les plus élevés sont attribués à des critères où elle est plutôt mal notée, à savoir « qualité sonore », « perméabilité du sol », « grand paysage » et « %surface de canopée ». Dans ce cas-là, la place de la Sallaz est classée comme très prioritaire.
- La route du Pavement et l'avenue de Mon-Repos/Mousquines varient d'intermédiaire à très prioritaire. Les notes attribuées à ces espaces publics sont plutôt mauvaises sur une majorité de critères, sans être toutefois trop extrêmes, ce qui peut expliquer cette situation.
- Les Plaines-du-Loup sont classées comme intermédiaire, exceptée dans un cas où elles sont vues comme peu prioritaires. Après examen, il s'est avéré que cet espace public est plutôt bien noté sur les cinq critères à la pondération la plus élevée, dans ce cas-là. De plus, ce cas-là correspond au seul dont les critères n'ont pas été rangés de manière discontinue, ce qui entraîne des écarts de pondération importants. Ainsi, les cinq critères les plus importants auront des poids relativement plus élevés par rapport aux autres. Ce phénomène aura tendance à tirer vers le haut les Plaines-du-Loup.
- La place du Tunnel est considérée comme prioritaire sauf dans un cas, qui correspond à l'un des jeux de pondération au facteur le plus élevé. Ainsi, les poids attribués aux critères les plus importants sont relativement élevés et la place du Tunnel est plutôt bien notée sur les trois premiers, à savoir « % surface de canopée », « grand paysage » et « densité d'activités commerciales au Rez ».
- Le parc de la Brouette varie de prioritaire à très prioritaire. Dans les deux cas où il est prioritaire, les critères sur lesquels cet espace public est vraiment mal noté sont ceux avec une pondération très faible, par exemple les critères économiques et identitaires variant autour de 1%-3%.
- Le carrefour Sévelin/Tivoli, l'avenue d'Echallens/Chemin de Montétan et l'avenue Henri-Druey/rue de la Pontaise sont toujours considérés comme très prioritaires excepté dans le cas de la troisième analyse de sensibilité. Cette analyse est celle au rangement de critères le plus atypique en comparaison aux autres. En effet, le critère « densité d'activités commerciales au Rez » est par exemple au troisième rang, alors qu'il est habituellement bien plus bas. De plus, les critères qui sont observés les plus souvent aux premiers rangs sont rangés plus bas. Cette observation peut expliquer la meilleure considération du carrefour Sévelin/Tivoli, de l'avenue d'Echallens/Chemin de Montétan et de l'avenue Henri-Druey/rue de la Pontaise, notés plus moyennement que mal sur les critères arrivant en tête du rangement dans ce cas. L'avenue d'Echallens/Chemin de Montétan atteint même la catégorie peu prioritaire.

Tous les tableaux de l'analyse de sensibilité sont disponibles dans l'onglet « données_Electre_Tri » du fichier Excel « MPP » en annexe IV.

Toutes ces observations démontrent les changements que peuvent apporter des itérations au niveau des paramètres. Aucun des résultats, que ce soit le final ou ceux des analyses de sensibilité ne sont faux, mais ils peuvent sensiblement varier, d'où l'importance de séances communes entre acteurs pour voir si les résultats correspondent à la vision qu'ils avaient lors de la fixation des paramètres.

MOYENNE PONDÉRÉE PRUDENTE

Les calculs effectués avec les six jeux de critères différents entraînent plus ou moins le même ordre de rangement des espaces publics.

- Les six analyses de sensibilité confirment la très bonne qualité du quartier des Fleurettes et de la Rue Centrale, qui restent toujours en tête du rangement.
- Les espaces publics de qualité plus médiocre sont également confirmés comme étant le parc de la Brouette, la place du Tunnel, le carrefour Sévelin-Tivoli et l'Avenue de la Pontaise/la rue Henri-Druey, qui occupent toujours les quatre dernières places, dans un ordre toutefois non fixe.
- La rue/placette des Terreaux et la place de la Navigation sont de bonne qualité, la rue/placette des Terreaux se trouve même en seconde position dans un cas.
- La place de la Sallaz, l'avenue de Mon-Repos/Mousquines et le bâtiment des TL/Borde-Bellevaux occupent toujours les places centrales et sont donc considérés comme de moyenne qualité.
- La route du Pavement vient ensuite, oscillant entre moyenne et mauvaise qualité.
- L'avenue d'Echallens/Chemin de Montétan et la place St-Laurent sont les deux espaces publics dont l'ordre dans le rangement fluctue le plus, entre bon, moyen et mauvais pour le premier et entre très bon, bon et moyen pour le second. Leurs notes ne sont pas très régulières et varient de très bonnes à très mauvaises selon les critères, il est donc logique qu'ils se déplacent dans le rangement en fonction des poids attribués aux critères où ces deux espaces sont très bons ou très mauvais.

Les six analyses de sensibilité sont disponibles dans les onglets « Sensi(1) » à « Sensi(6) » du fichier Excel « MPP » en annexe IV.

Le résultat obtenu par la méthode de la moyenne pondérée prudente peut donc être qualifié de stable et robuste. Cependant, étant donné que cette méthode est moins sensible aux changements de pondération que les méthodes Electre, quelques tests supplémentaires ont été effectués en modifiant les critères, leur notation et les seuils de satisfaction nulle et complète :

- Dans un premier cas, le critère le plus important a été retiré de la moyenne pondérée prudente, à savoir le critère « % surface de canopée ». Le rangement obtenu ne diffère pas significativement de ceux issus des précédentes analyses de sensibilité. La seule observation valable est que les valeurs de satisfaction globale se resserrent, ce qui est assez logique. En effet, en retirant le critère au poids le plus élevé, les objets de comparaison se distinguent plus faiblement entre eux. Cette variante est disponible dans l'onglet « sensi_sans_canopee » du fichier Excel « MPP » en annexe IV.

RESULTATS

57%	Quartier des Fleurettes
55%	Rue / Place Centrale
54%	Place de l'Ours / Rue Marterey
53%	Placette/Rue des Terreaux
52%	Place St-Laurent
50%	Place de la Navigation
48%	Avenue Mon-Repos / Avenue des Mousquines
47%	Parvis EPSIC / ETML
43%	Toiture TL Borde/Bellevaux
41%	Place de la Sallaz
40%	Piece urbaine 1 Plaines-du-Loup
39%	Avenue d'Echallens / Montetan
38%	Route du Pavement
30%	Carrefour Sévelin-Tivoli
30%	Druey / Pontaise
27%	Place du Tunnel
21%	Parc de la Brouette

Figure 45 : analyse de sensibilité sans canopée

- Dans un deuxième cas, les notes du critère « perméabilité du sol », dont le poids est relativement important, ont été changées, tout comme les seuils de satisfaction. Des valeurs plus proches de la réalité ont été estimées, en fonction du type de revêtement du sol. Les seuils ont été adaptés en fonction de la répartition des valeurs. Ici, le rangement change significativement (ci-contre). Les espaces publics aux meilleures qualités environnementales sont en tête. Cette variante est disponible dans l'onglet « sensi_modif_permeabilite » du fichier Excel « MPP » en annexe IV.

RESULTATS

62%	Piece urbaine 1 Plaines-du-Loup
57%	Quartier des Fleurettes
57%	Place de la Navigation
53%	Parvis EPSIC / ETML
53%	Place de l'Ours / Rue Marterey
52%	Rue / Place Centrale
48%	Place St-Laurent
48%	Druey / Pontaise
47%	Carrefour Sévelin-Tivoli
41%	Placette/Rue des Terreaux
40%	Parc de la Brouette
39%	Avenue d'Echallens / Montetan
38%	Avenue Mon-Repos / Avenue des Mousquines
31%	Route du Pavement
30%	Place de la Sallaz
29%	Toiture TL Borde/Bellevaux
23%	Place du Tunnel

Figure 46 : analyse de sensibilité avec perméabilité modifiée

- Un troisième cas est testé en modifiant les seuils de satisfaction. Le seuil de satisfaction complète est réhaussé presque au maximum pour tous les critères, tandis que le seuil de satisfaction nulle est également réhaussé de manière à créer artificiellement une évaluation très sévère. Le rangement obtenu ne souffre d'aucun changement important par rapport au résultat final et aux résultats des analyse de sensibilité du paragraphe précédent. Par contre, les valeurs de satisfaction globale sont sensiblement moins élevées, ce qui est tout à fait normal. Cette variante est disponible dans l'onglet « sensi_severe » du fichier Excel « MPP » en annexe IV.

RESULTATS

46%	Rue / Place Centrale
45%	Quartier des Fleurettes
36%	Place de la Navigation
36%	Place St-Laurent
35%	Toiture TL Borde/Bellevaux
34%	Placette/Rue des Terreaux
33%	Parvis EPSIC / ETML
31%	Place de l'Ours / Rue Marterey
31%	Piece urbaine 1 Plaines-du-Loup
27%	Route du Pavement
26%	Avenue Mon-Repos / Avenue des Mousquines
25%	Carrefour Sévelin-Tivoli
24%	Place du Tunnel
23%	Place de la Sallaz
22%	Parc de la Brouette
19%	Avenue d'Echallens / Montetan
16%	Druey / Pontaise

Figure 47 : analyse de sensibilité avec seuils réhaussés

- Enfin, pour la dernière variante, les seuils de satisfaction nulle et complète sont modifiés pour tenter de coïncider davantage avec les valeurs de notation sur chaque critère (incohérence soulevée à la p 50). Encore une fois, l'ordre du rangement obtenu ne change pas vraiment, mis à part la rue Marterey/place de l'Ours qui descend un peu et les Plaines-du-Loup qui remontent. Les écarts de valeurs de la satisfaction globale, en pourcents, sont sans surprise plus marqués. Cette variante est disponible dans l'onglet « sensi_adaptee » du fichier Excel « MPP » en annexe IV.

RESULTATS

69%	Quartier des Fleurettes
52%	Rue / Place Centrale
49%	Piece urbaine 1 Plaines-du-Loup
48%	Place de la Navigation
46%	Place St-Laurent
46%	Toiture TL Borde/Bellevaux
45%	Parvis EPSIC / ETML
43%	Placette/Rue des Terreaux
43%	Avenue Mon-Repos / Avenue des Mousquines
42%	Place de l'Ours / Rue Marterey
36%	Place de la Sallaz
34%	Route du Pavement
32%	Avenue d'Echallens / Montetan
32%	Druey / Pontaise
30%	Parc de la Brouette
29%	Carrefour Sévelin-Tivoli
25%	Place du Tunnel

Figure 48 : analyse de sensibilité avec seuils adaptés

Après avoir terminé l'étude de toutes les variantes d'analyse de sensibilité liées à la moyenne pondérée prudente, il est admis que cette dernière est plus sensible aux changements de valeur des seuils de satisfaction. C'est donc sur ces paramètres en particulier qu'il conviendrait d'attirer l'attention des acteurs.

DERNIÈRES CONSTATATIONS ET CRITIQUE DES MÉTHODES

Alors que la partie opérationnelle du travail est arrivée à son terme, plusieurs conclusions peuvent être tirées. Tout d'abord, la situation de pandémie ne facilitant pas la communication, les rangements, la pondération ou les résultats des deux méthodes n'ont pas vraiment pu être discutés communément avec tous les participants. Dans un cas contraire, les analyses de sensibilité auraient pu leur être soumises pour qu'ils puissent s'accorder sur un rangement et une pondération des critères plus commune et ainsi obtenir un résultat plus robuste et unanime. En effet, en observant les différents rangements de critères effectués par les participants aux sondages en ligne, il est évident que leurs préoccupations sont assez similaires, principalement de type environnemental. Les critères concernant la mobilité et les aspects sociaux arrivent généralement juste après. Dans la plupart des cas, les critères économiques sont positionnés dans les derniers rangs, précédés de peu par les critères du thème identité lausannoise. Concernant le facteur de pondération, plus il est élevé, plus les écarts de pondération en pourcents seront importants entre les critères. Les intervenants de la Ville l'ont fixé de 3 à 10, mais ils n'ont pas eu d'explications très précises à ce sujet et il est presque certain que si cela avait été le cas, ils auraient pu se mettre d'accord sur un ou deux facteurs communs avec lequel/lesquels travailler.

Concernant les méthodes, Electre-Tri semble plus adaptée au cas de la priorisation des espaces publics lausannois que la moyenne pondérée prudente, puisqu'elle n'admet pas la compensation et la notion de transitivité. En effet, dans ce cas-là, certains critères ne semblent logiquement pas très compensables entre eux, par exemple un pourcentage de canopée plus élevé n'admet pas une sécurité plus mauvaise. La notion de transitivité n'est pas particulièrement gênante mais n'est pas forcément représentative de la réalité des rapports des espaces publics entre eux. Toutefois, comme vu précédemment lors des analyses de sensibilité, les possibles compensations entre critères n'ont pas entraîné de changements très importants au niveau du rangement des espaces publics, et la méthode de la moyenne pondérée prudente peut également être considérée comme adaptée au cas de priorisation des espaces publics si l'on souhaite un résultat simple, rapide et facilement compréhensible sans connaissances pointues dans le domaine de l'analyse multicritères.

Après discussion des résultats avec les encadrants, il a été constaté que le processus d'évaluation des espaces publics pourrait être amélioré pour correspondre davantage à la réalité. En effet, quelques résultats ont donné matière à réflexion. La Place de la Sallaz peut être prise comme exemple pour illustrer ces observations. Elle est jugée comme étant de qualité plutôt mauvaise aux yeux des critères, tout en étant considérée comme de bonne qualité par les participants au sondage en ligne, ce qui semble effectivement le cas lorsque l'on s'y rend. Les réflexions de ce genre ont permis de remettre en question l'utilisation d'une liste unique de critères et de paramètres sur tous les espaces publics, quelle que soit leur nature. Ainsi, la possibilité de définir des familles d'espaces publics a été évoquée pour y attribuer des critères et des paramètres plus représentatifs. En effet, une rue motorisée peut difficilement être comparée à un parc. La répartition des espaces publics en familles, selon leur nature (vocation plutôt économique, sociale, délasserment etc.) permettrait de les juger plus adéquatement. Dans un tel cas, une priorisation serait faite par famille.

Lors de la même discussion, une autre critique a pu être formulée. Certains critères, par exemple le nombre de bâtiments historiques compris dans un périmètre, ne sont pas dépendants d'une planification ou d'une politique, ce qui induit qu'on ne peut pas intervenir dessus. Cela induit directement que la priorité d'intervention n'est pas forcément égale à l'inverse de la qualité. En effet, en conservant le même exemple, plus le nombre de bâtiments présent est faible, plus la qualité est considérée comme mauvaise et plus la priorité d'intervention est supposée élevée. Cependant, s'il est impossible d'intervenir pour améliorer la qualité d'un espace public sur certains critères, la priorité d'intervention ne peut pas être considérée comme réellement élevée.

RECOMMANDATIONS

Les critiques émises concernant la partie opérationnelle du travail démontrent que les résultats obtenus ne sont pas absolus mais soumis à appréciation. Ils permettent toutefois de formuler quelques recommandations par rapport aux espaces publics étudiés.

Premièrement, en compilant l'analyse et les avis des participants aux sondages et passants interrogés, quelques espaces publics peuvent être signalés comme requérant une intervention prochainement. La place du Tunnel et le parc de la Brouette sont unanimement les plus mauvais, le carrefour Sévelin-Tivoli et l'avenue d'Echallens-Montétan ne sont également pas très appréciés. Tous sont soumis à une présence importante du trafic routier, contrairement aux espaces plus prisés comme le quartier des Fleurettes ou la Rue St-Laurent, où les piétons disposent de plus d'espace.

Deuxièmement, une réflexion supplémentaire sur les critères et leur portée semble profitable pour ajuster l'analyse. En effet, les critiques soulevées concernant les possibilités d'intervention et les différences entre les types d'espaces publics devraient être prises en compte dans une éventuelle continuité du travail. Ces ajustements permettraient de se rapprocher davantage de la réalité du terrain et d'améliorer les résultats obtenus par application d'une des méthodes d'analyse multicritères.

Enfin, bien que les méthodes d'analyse multicritères soient très utiles pour appuyer une priorisation, leur mise en commun avec d'autres ressources décuple leur efficacité. Les outils comme les systèmes d'informations géographiques, les démarches participatives ou les consultations publiques complètent bien ce genre de méthodes. En effet, les outils de gestion spatiale disposent d'algorithmes efficaces pour analyser le territoire, tandis que la participation offre une meilleure compréhension des usages d'un lieu.

REMARQUES PERSONNELLES DE L'AUTEURE

Arrivée au terme de ce travail, je peux à présent faire plusieurs commentaires personnels sur mon ressenti et mes observations. Concernant le déroulement du processus, je tiens d'abord à souligner la participation et la disponibilité de la Ville et son suivi, que ce soit par mail, téléphone ou séances à distance, qui m'ont permis d'obtenir les données et paramètres nécessaires aux calculs. L'animation de la séance du 11 mai 2021 n'était pas aisée, étant donné que c'était ma première expérience de ce type et qu'elle a dû avoir lieu en ligne. Je suis toutefois très satisfaite de son déroulement et de la participation des intervenants, dont le nombre témoignait de leur intérêt par rapport à ce travail et ses potentiels apports.

Par rapport à l'application des méthodes, après avoir rencontré quelques difficultés au moment de l'installation du plugin et au niveau de sa prise en main, tous les calculs se sont finalement bien déroulés. Je suis également satisfaite d'avoir pu construire un tableau pour effectuer une moyenne pondérée prudente dans le temps imparti, ce qui n'était pas certain au départ. En effet, la comparaison des résultats issus de ces deux différentes méthodes m'intéressait dès le début et me semblait apporter un intérêt supplémentaire au travail.

Concernant les résultats issus des deux méthodes, bien qu'ils se corroborent finalement plutôt bien, j'ai été un peu surprise sur le jugement de la qualité de certains espaces publics. Effectivement, je suis allée les visiter un par un sur le terrain, et certains lieux paraissent agréables au premier abord, en étant jugés plus durement aux yeux des critères par la suite, par exemple la place de la Navigation. Toutefois, après réexamen des critères et de leurs poids, le rangement/classement final me semblait traduire correctement les enjeux de la Ville. Après réflexion j'en déduis qu'une première appréciation, se faisant au ressenti, ne tient pas forcément compte de tous les aspects qui sont finalement importants à nos yeux. J'ai l'impression d'avoir aussi pu observer cette tendance avec le rangement moyen issu des sondages en ligne, lequel ne correspond pas tout à fait aux résultats de l'analyse multicritères. Une mauvaise correspondance des paramètres par rapport aux préoccupations de la Ville peut aussi en être la cause, mais leurs variations lors des analyses de sensibilité ne modifiant que peu le rangement, j'en doute. A mon avis, ces paramètres traduisent plutôt bien la vision de la Ville, très axée sur l'environnement, le social et la mobilité. Je pense seulement que, dans la moyenne pondérée prudente, quelques seuils de satisfaction auraient pu être mieux adaptés, certains ne reflétant pas totalement la réalité des valeurs récoltées sur les critères, par exemple le niveau de décibels, dont le seuil de satisfaction complète est fixé trop haut selon moi. En plus, j'ai pu observer que la moyenne pondérée prudente est plus sensible aux seuils qu'aux autres paramètres, ce qui m'a amenée à faire cette remarque. Après avoir essayé une variante de ce type dans l'analyse de sensibilité, j'ai en effet pu constater que le rang de certains espaces publics varie significativement.

Globalement, même après avoir essayé différentes combinaisons pour les deux méthodes lors des analyses de sensibilité, je peux toutefois admettre que leurs deux résultats respectifs sont stables, et semblent correspondre à la vision de la Ville. Pour ma part, je considère donc le but initial du travail atteint, même si je regrette le manque de communication en présentiel. La seule partie du travail que je considère comme un peu inachevée concerne la discussion des résultats avec tous les participants à la première séance, rendue impossible par la situation pandémique et le temps restant, afin de voir si celui-ci leur convenait vraiment ou si des itérations auraient été nécessaires.

LIMITES DU TRAVAIL ET OUVERTURES

LIMITES

Au moment de dresser le bilan final de ce travail, le but principal, à savoir proposer un modèle de priorisation à la Ville de Lausanne, peut être considéré comme atteint. En effet, deux modèles différents et réutilisables, issus de deux méthodes différentes, ont été produits. Quelques limites peuvent toutefois être identifiées.

Premièrement, la précision et la qualité des données peuvent être significativement améliorées. En effet, les données récoltées sur les guichets cartographiques publics n'ont pas forcément été mises à jour dernièrement et peuvent ne plus correspondre totalement à la réalité. De plus, certaines données, comme la perméabilité des sols, ont été simplifiées par des calculs de surface, selon la couverture du sol disponible en données SIG. Les résultats ainsi obtenus manquent de finesse, étant donné que les seuls types de revêtement considérés sont les revêtements durs (routes), les surfaces vertes et les bâtiments. À l'avenir, si le modèle est réutilisé, de telles données peuvent être affinées en tenant compte de types de revêtements à la perméabilité plus variée, par exemple les pavés, très présents au centre-ville.

Deuxièmement, la situation de pandémie n'a permis qu'une communication limitée avec les différents acteurs impliqués, uniquement par séances en ligne. Des données suffisantes pour déterminer les paramètres de calcul ont pu être récoltées, mais une discussion plus riche avec les acteurs aurait peut-être permis d'ajouter des données supplémentaires (par exemple seuil de veto) et d'apprécier les résultats finaux en commun. Les commentaires sur leurs attentes auraient pu être davantage pris en compte dans les analyses de sensibilité et les itérations y relatives. De plus, des échanges plus détaillés concernant l'utilisation du plugin Electre-Tri ou du fichier Excel de la moyenne pondérée prudente n'ont pas pu avoir lieu en présentiel, ce qui complique une éventuelle reprise de ces outils par la Ville.

Finalement, toujours concernant une éventuelle réutilisation des outils d'analyse multicritères par la Ville, ou autre, une difficulté de prise en main peut être soulevée. En effet, dans le cas de la moyenne pondérée prudente, bien que le tableau Excel soit construit par formules de manière à le rendre le plus automatique possible, il n'est clairement pas aussi facile à utiliser qu'un programme ou qu'un logiciel. De plus, les explications sur son fonctionnement restent assez succinctes dans le cadre de ce travail. Concernant la méthode d'analyse multicritères Electre-Tri, son application est automatisée via le plugin mais rencontre quand même des difficultés. Tout d'abord, il faut posséder les connaissances de base nécessaires à son paramétrage et à l'utilisation du système d'informations géographiques QGIS sur lequel il s'installe. Ensuite, il faut encore avoir installé la bonne version du logiciel QGIS car le plugin ne tourne pas sur les versions trop récentes. Enfin, l'interprétation des résultats, même avec des connaissances de base dans le domaine de l'analyse multicritères n'est pas instinctive et nécessite un temps d'étude et d'adaptation. Cependant, une fois maîtrisé, cet outil reste très efficace et surtout rapide car déjà automatisé.

OUVERTURES

Les deux modèles de priorisation proposés sont fonctionnels mais laissent entrevoir plusieurs opportunités pouvant être développées, en cas d'intérêt sur le plus long terme.

Tout d'abord, de nombreuses améliorations au niveau de la prise en main et de l'automatisation informatique sont possibles. Par exemple, avec des compétences plus pointues en codage informatique, le développement d'un logiciel ou d'un site automatisant les opérations de la moyenne pondérée prudente serait très intéressant et rendrait ainsi l'analyse multicritères plus accessible aux différentes entités intéressées, mais ne possédant pas forcément les compétences techniques pour créer un tableau de calculs par leurs propres moyens. Concernant la méthode d'Electre-Tri, le plugin disponible rend déjà cette méthode très abordable, à condition de posséder des compétences liées à l'utilisation du logiciel QGIS, essentiel au fonctionnement du plugin.

Ensuite, d'autres ouvertures peuvent être imaginées au niveau de la récolte de données afin qu'elles soient plus précises et actuelles. Concernant les données géographiques, un lien direct avec le SIG de la Ville peut être envisagé pour que les mises à jour se fassent systématiquement. Des campagnes de mesure pourraient être organisées spécifiquement pour certains critères, comme le type de sol. Les données ainsi récoltées pourraient donc plus être utilisées dans d'autres domaines. Pour les données à caractère plus social, par exemple le sentiment de sécurité personnelle, il serait intéressant de développer des enquêtes professionnelles auprès de la population, véritable usagère des espaces publics. Ainsi, l'information récoltée serait bien plus dense que lors de l'exécution de ce travail. De plus, en impliquant la population, un soutien populaire et de nouvelles idées pourraient émerger.

Finalement, malgré le caractère un peu préliminaire de ce travail, il semble qu'un intérêt réel pour l'aide à la décision par l'analyse multicritères dans le domaine de l'aménagement du territoire émerge au sein des municipalités. Cependant, peu d'experts du domaine de l'AMCD sont actuellement connus, et comme l'a également souligné Francis Marleau Donais dans sa thèse, « il existe très peu de littérature sur l'animation et l'enseignement de l'animation de rencontres de groupe d'AMCD.⁶⁹ ». La démocratisation de l'aide à la décision par l'analyse multicritère dans le domaine de l'aménagement du territoire et au sein des communes est certainement en bonne voie mais nécessite encore d'importants efforts.

⁶⁹ Marleau Donais F. (2021), *Intégrer le transport durable dans les processus décisionnels pour le réaménagement de rues* Application de l'aide multicritère à la décision, p.156

CONCLUSION

Ce travail avait pour objectif principal l'élaboration d'un ou deux modèles de priorisation d'espaces publics, selon ce qu'il était possible de réaliser dans le temps imparti, à savoir un semestre académique. L'analyse multicritères et les méthodes liées étaient au centre du développement de ces modèles. L'aide à la décision par l'analyse multicritères est une science qui commence à être sollicitée plus fréquemment dans le domaine de l'aménagement du territoire, bien que le nombre de spécialistes en la matière reste relativement faible pour l'instant. Le potentiel offert par l'AMCD est toutefois réel et suscite un intérêt croissant de la part des acteurs de l'aménagement et décideurs politiques. Pour produire les modèles de priorisation, plusieurs étapes ont été nécessaires.

Premièrement, un cadre théorique concernant l'aide à la décision par l'analyse multicritères a été posé. La littérature relative au sujet a été étudiée, les différentes approches et familles de méthodes exposées. Cette partie du travail, bien qu'assez technique, devait être rendue accessible à tout lecteur, qu'il soit expérimenté ou non dans le domaine de l'AMCD. Ainsi, les concepts théoriques ne sont pas expliqués dans le détail, mais présentés de manière à permettre à tous de comprendre le fonctionnement des méthodes utilisées dans la suite du travail.

Deuxièmement, le contexte dans lequel s'insère le travail a été posé. Le développement de la ville de Lausanne, ses outils en matière d'aménagement du territoire et ses préoccupations autour du sujet des espaces publics ont été étudiés. Ainsi, les objectifs de la Ville en la matière ont pu être identifiés et ont servi de première base au développement des modèles de priorisation.

Troisièmement, les deux méthodes d'AMCD retenues pour l'élaboration des modèles, à savoir le plugin Electre-Tri et la moyenne pondérée prudente ont été expliquées un peu plus en détails pour permettre au lecteur de comprendre les calculs effectués et l'utilité des différents paramètres qui y sont liés. Une brève présentation des systèmes d'informations géographiques a également été réalisée, car ce sont des outils essentiels au fonctionnement du plugin Electre-Tri et aux calculs de géotraitement des données utilisées pour les critères.

Enfin, la dernière partie du travail présente l'application concrète des deux méthodes d'AMCD retenues, sur le cas lausannois. Les grandes étapes sont présentées, les espaces publics retenus et les critères définis sont exposés. Les résultats issus des deux modèles sont comparés et critiqués, les limites et ouvertures du travail identifiées. A terme, le travail, bien que terminé, laisse la porte ouverte à de nombreux développements futurs.

Domdidier, le 27 juillet 2021

J'atteste avoir effectué ce travail de master seule, sans autres aides que les références citées en bas de page et les sources listées en p 67-68.

Marie Chardonnens



SOURCES ET BIBLIOGRAPHIE

Ben Mena S. (2000). Introduction aux méthodes multicritères d'aide à la décision. <https://popups.uliege.be/1780-4507/index.php?id=15338>

Chakhar S. (2006). Cartographie décisionnelle multicritère : formalisation et implémentation informatique, *Thèse à l'Université Paris Dauphine*. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00143960>

Chevallier M. (2015). Mise en oeuvre d'un outil SIG et d'un processus d'analyse multicritère semiautomatisé pour l'aménagement du territoire : application dans le cadre de la révision du SCoT des Vosges Centrales, *Sciences de l'ingénieur*. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01337223>

Graus F. (1951). La crise monétaire du 14e siècle, *Revue belge de philologie et d'histoire*. https://www.persee.fr/doc/rbph_0035-0818_1951_num_29_2_2097

Joerin F., Thériault M., Musy A. (2001). Using GIS and outranking multicriteria analysis for land-use suitability assessment, *International Journal of Geographical Information Science*. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13658810051030487>

Malczewski J. (2006). GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature, *International Journal of Geographical Information Science*. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13658810600661508>

Malczewski J. (2010). Multiple Criteria Decision Analysis and Geographic Information Systems, *Trends in Multiple Criteria Decision Analysis* pp 369-395.

Marleau Donais F., Abi-Zeid I., Waygood O., Lavoie R. (2019). Assessing and ranking the potential of a street to be redesigned as a Complete Street: A multi-criteria decision aiding approach, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965856418306141?casa_token=fBHHgyHaUqwAAAAA:4dDKG1cAa5bUMNisktsqcoJBsqeJOC5ovfX3IRiw4M54HRpV24UrXMzOQQLUWUf1Ts4-sTMWLQ

Marleau Donais F. (2021). Intégrer le transport durable dans les processus décisionnels pour le réaménagement de rues, application de l'aide multicritère à la décision. *Thèse de doctorat en cours*.

Mendicino C., Haddou R. (2020). «Il faut que Lausanne soit davantage une ville de flânerie», *le 24 heures*. <https://www.24heures.ch/il-faut-que-lausanne-soit-davantage-une-ville-de-flanerie-780298777533>

Monnet V. (2003). 19 février 1803, Acte de médiation: quand Napoléon Bonaparte rafistolait la Suisse, *Le Temps*. <https://www.letemps.ch/culture/19-fevrier-1803-acte-mediation-napoleon-bonaparte-rafistolait-suisse>

Montenegro P, Rodriguez M., Miranda L., Joerin F., Proulx F. (2009). Occurrence of citizen complaints concerning drinking water: a case study in Quebec City, *Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA*. <https://iwaponline.com/aqua/article-abstract/58/4/257/28921/Occurrence-of-citizen-complaints-concerning>

Quantis et Ville de Lausanne (2020). Bilan de gaz à effet de serre de Lausanne. <https://www.lausanne.ch/apps/actualites/?legislatures=2016-2021>

Roy B. (1977). Optimisation et aide à la décision, *Journal de la société statistique de Paris*. http://www.numdam.org/item/?id=JSFS_1976_117_208_0

Roy B., Bouyssou D. (1993). Aide multicritère à la décision : méthodes et cas, Paris : *éditions economica*.

Schärlig A. (1985). Décider sur plusieurs critères, panorama de l'aide à la décision multicritère, *presses polytechniques et universitaires romandes*.

Schärlig A. (1996). Pratiquer Electre et Prométhée, *presses polytechniques et universitaires romandes*.

Sobrie O., Pirlot M., Joerin F. (2013). Intégration de la méthode d'aide à la décision ELECTRE TRI dans un système d'information géographique open source, *Rev. Int. Géomatique*. http://olivier.sobrie.be/papers/rig_2013_sobrie_et_al.pdf

Ville de Lausanne et Gehl architects (2020). Lausanne, une petite ville avec les qualités d'une grande. <https://www.lausanne.ch/officiel/administration/finances-et-mobilite/routes-et-mobilite/a-propos/projets/lausanne-la-petite-ville-potentiel-grande>

Ville de Lausanne (2020). Rapport-préavis N° 2020/54. <https://www.lausanne.ch/apps/actualites/?legislatures=2016-2021>

Ville de Lausanne (2021). Bilan de législature 2016-2021. <https://www.lausanne.ch/officiel/municipalite/programme-legislature/bilan-legislature-2016-2021.html>

Ville de Lausanne (2021). Rapport-préavis N° 2021/13. <https://www.lausanne.ch/apps/actualites/?legislatures=20162021&types=4&page=3>

Ville de Lausanne (2021). Projet Métamorphose. Repéré à <https://www.lausanne.ch>

Ville de Lausanne (2021). Stade de Coubertin. Repéré à <https://www.lausanne.ch>

Ville de Lausanne (2021). Centre sportif et Stade de la Tuilière. Repéré à <https://www.lausanne.ch>

Ville de Lausanne (2021). Vaudoise Arena, centre sportif de Malley. Repéré à <https://www.lausanne.ch>

Vincke P. (1991). L'aide multicritère à la décision. Historique et développements récents, *Bulletin de la Classe des sciences*. https://www.persee.fr/doc/barb_0001-4141_1991_num_2_1_38652

SOURCES DES FIGURES

Figure 1 : données de l'auteur

Figure 2 : données de l'auteur

Figure 3 : données de l'auteur

Figure 4 : données de l'auteur

Figure 5 : <https://www.lausanne.ch/officiel/administration/finances-et-mobilite/routes-et-mobilite/a-propos/projets/lausanne-la-petite-ville-potentiel-grande.html>

Figure 6 : <https://www.lausanne.ch/officiel/grands-projets/pole-gare/projet-en-bref.html>

Figure 7 : <https://www.tramway-lausannois.ch/de-lausanne-a-renens/>

Figure 8 :

<https://www.constructioncayola.com/infrastructures/article/2017/10/02/114839/suisse-tunnel-sur-ligne-lausannechallensbercher>

Figure 9 : données de l'auteur

Figure 10 : données de l'auteur

Figure 11 : données de l'auteur

Figure 12 : données de l'auteur

Figure 13 : données de l'auteur

Figure 14 : données de l'auteur

Figure 15 : données de l'auteur

Figure 16 : données de l'auteur

Figure 17 : données de l'auteur

Figure 18 : données de l'auteur

Figure 19 : <https://www.flickr.com/photos/151600984@N08/48678092656>

Figure 20 : <https://www.lausanne.ch/vie-pratique/nature/parc-promenades/places-promenades-esplanades/place-de-la-navigation.html>

Figure 21 : données de l'auteur

Figure 22 : données de l'auteur

Figure 23 : données de l'auteur

Figure 24 :

https://www.google.com/maps/@46.5230683,6.626761,3a,75y,113.71h,95.68t/data=!3m7!1e1!3m5!1sLcdFvSkKkoMcCcUxNx5AUw!2e0!6shttps:%2F%2Fstreetviewpixels.a.googleapis.com%2Fv1%2Fthumbnail%3Fpanoid%3DLcdFvSkKkoMcCcUxNx5AUw%26c_b_client%3Dmaps_sv.tactile.gps%26w%3D203%26h%3D100%26yaw%3D103.38008%26pitch%3D0%26thumbfov%3D100!7i13312!8i6656?hl=fr

Figure 25 : données de l'auteur
Figure 26 : données de l'auteur
Figure 27 : données de l'auteur
Figure 28 : données de l'auteur
Figure 29 : données de l'auteur
Figure 30 : données de l'auteur
Figure 31 : données de l'auteur
Figure 32 : données de l'auteur
Figure 33 : données de l'auteur
Figure 34 : données de l'auteur
Figure 35 : données de l'auteur
Figure 36 : données de l'auteur
Figure 37 : données de l'auteur
Figure 38 : données de l'auteur
Figure 39 : données de l'auteur
Figure 40 : données de l'auteur
Figure 41 : données de l'auteur
Figure 42 : données de l'auteur
Figure 43 : données de l'auteur
Figure 44 : données de l'auteur
Figure 45 : données de l'auteur
Figure 46 : données de l'auteur
Figure 47 : données de l'auteur
Figure 48 : données de l'auteur

ANNEXES

ANNEXE I : LISTE DÉFINITIVE DES CRITÈRES

THEME 1 : social

1.1 - Le Genre dans l'espace public : ce critère permet d'évaluer la représentation des Genres dans les espaces publics. Une représentation équilibrée des différentes catégories de la population traduit un espace public de qualité, au contraire d'une sous-représentation qui entrainera une priorité d'intervention.

Unité	Objectif(s)	Direction	Mesure	Echelle
-	1 / 18	Maximiser	Évalué par la population sur une échelle de 1 à 5	Cardinale

1.2 - La ville au ¼ heure : accessibilité d'un lieu de délasserment en 15 minutes à pied (parc, forêt etc.)

Unité	Objectif(s)	Direction	Mesure	Echelle
binaire	6 / 13	Maximiser	Zone tampon de 1.2km (= 15 min. à pied) autour des parcs et forêts	Cardinale

1.3 - Sentiment de sécurité personnelle : ce critère mesure le sentiment de sécurité personnelle dans un espace public. Dans un espace public donné, plus le sentiment de sécurité est grand, moins il sera prioritaire à réaménager.

Unité	Objectif(s)	Direction	Mesure	Echelle
-	1 / 18	Maximiser	Évalué par la population sur une échelle de 1 à 5	Cardinale

Remarque(s) par rapport à l'atelier 1 : l'ajout d'un critère « mixité sociale » a été évoqué. Après réflexion, il a été enlevé car certains critères comme le « sentiment de sécurité » ou la « présence de mobilier urbain » permettent déjà de se faire une idée sur la fréquentation sociale d'un lieu.

THEME 2 : environnement

2.1 - Perméabilité du sol : ce critère attribue un pourcentage de perméabilité au sol, selon son revêtement. Ce coefficient sera estimé en fonction des informations des couches SIG et d'après les orthophotos disponibles en ligne.

Unité	Objectif(s)	Direction	Mesure	Echelle
Pourcents	7	Maximiser	Selon SIG et photos aériennes, attribution d'un pourcentage de perméabilité d'après calculs de surfaces	Cardinale

2.2 - Qualité sonore : ce critère permet de juger de la qualité sonore pour un usager à l'intérieur d'un espace public. Il sera jugé sur la base des cartes du bruit disponibles en ligne.

Unité	Objectif(s)	Direction	Mesure	Echelle
Décibels	12	Maximiser	Calculs de surfaces selon cartes du bruit disponibles en ligne	Cardinale

2.3 - % surface de canopée : ce critère représente le pourcentage de la surface d'un espace public donné recouverte par la canopée.

Unité	Objectif(s)	Direction	Mesure	Echelle
Pourcents	5 / 7	Maximiser	Calculs de surfaces via SIG, digitalisation des surfaces de canopée selon photos aériennes et SIG public	Cardinale

Remarque(s) par rapport à l'atelier 1 : lors de l'atelier, la possibilité de scinder le critère n° 2.1, alors appelé « % de surface imperméable » en deux critères concernant le type de revêtement et la perméabilité du sol à été évoquée. Le critère 2.1 a été renommé en « perméabilité » pour tenir compte de ces deux aspects tout en restant appréhendable avec les données disponibles, ce qui aurait été plus compliqué en créant les deux critères mentionnés précédemment.

Concernant le critère 2.2 « qualité sonore », les nuisances engendrées par un espace public sur l'extérieur ont été mentionnées mais non retenues car le but du travail est bien de mesurer la qualité d'un espace public pour un usager intérieur.

Le critère 2.3 « % surface de canopée » a fait l'objet de nombreuses suggestions impliquant l'ajout de critères concernant les types de végétations ou encore le type de disponibilité (privatif ou public) de la végétation. Ces critères n'ont malheureusement pas été retenus pour deux raisons principales. Premièrement, les données à disposition ne permettent pas de traiter des aspects aussi précis de cette problématique environnementale. Ensuite, un nombre trop important de critères, avec un tel degré de précision, compliquerait la mise en œuvre du processus d'AMCD dans un premier temps. L'ajout de nouveaux critères comme ceux-ci pourrait cependant être envisagé par après, une fois le processus éprouvé une première fois.

THEME 3 : mobilité

3.1 - Présence de mobilier urbain : ce critère a pour but de comptabiliser le mobilier urbain disponible dans un espace public donné. Plus il y en a, plus l'espace public peut accueillir des usages variés et ainsi entraîné une certaine mixité de la population.

Unité	Objectif(s)	Direction	Mesure	Echelle
Nbre d'objets par surface	1 / 3 / 4	Maximiser	Comptage du nombre d'objets (bancs, fontaines, toilettes publiques etc.) dans un espace public donné	Cardinale

3.2 - Proximité des arrêts de TP : ce critère permet de mesurer la desserte en transports publics d'un espace public. Un espace public correctement desservi sera moins prioritaire à traiter qu'un espace public difficilement accessible en transports publics.

Unité	Objectif(s)	Direction	Mesure	Echelle
Nbre d'arrêts par surface	6 / 8 / 9	Maximiser	Zone tampon de 400 m (= 5 min. à pied) autour d'un espace public donné, comptage du nombre d'arrêts compris dans le secteur.	Cardinale

3.3 - Niveau de sécurité : ce critère mesure le niveau de sécurité lié à la mobilité dans un espace public en considérant les points noirs (zones dangereuses) et les accidents avec dommages corporels répertoriés. Plus il y a de points noirs et d'accidents avec dommages corporels répertoriés dans espace public donné, plus il sera prioritaire à réaménager.

Unité	Objectif(s)	Direction	Mesure	Echelle
Nbre d'objets par surface	14	Maximiser	Comptage des points noirs et accidents avec dommages corporels dans un espace public donné.	Cardinale

Remarque(s) par rapport à l'atelier 1 : le critère « accessibilité » a été retiré car il est difficilement mesurable et n'a pas spécialement fait l'objet de discussions importantes lors de l'atelier contrairement à d'autres. Le critère 3.1 « présence de mobilier urbain » a été retravaillé de manière à inclure plus d'infrastructures permettant de traiter la mixité générationnelle relative à un espace public. Les TIM ont été évoqués lors des discussions mais ne seront pas pris en compte dans un critère spécifique puisqu'ils seront fortement diminués dans les prochaines années. La pression lors de traversées piétonnes de certains espaces publics, notamment lors de débouchées de plusieurs connexions, a été mentionnée mais non retenue car elle serait difficilement mesurable par rapport au gain de qualité potentiel pour un espace public.

THEME 4 : identité lausannoise

4.1 - Rayonnement de l'espace public : ce critère considère le rayonnement d'un espace public vers l'extérieur, sa renommée et sa portée (vitrine).

Unité	Objectif(s)	Direction	Mesure	Echelle
-	2 / 17 / 19	Maximiser	Attribution de catégories selon allant de 1 à 5 selon la renommée, notée par la population	Cardinale

4.2 - Présence de bâtiments classés/inventoriés : ce critère permet de quantifier les bâtiments classés ou répertoriés à l'inventaire présents aux alentours (80m = 1 min à pied) d'un espace public. Plus il y aura de bâtiments, plus la qualité historique de l'espace public sera considérée comme bonne.

Unité	Objectif(s)	Direction	Mesure	Echelle
Nbre objets par surface	16	Maximiser	Zone tampon de 80m (= 1min. à pied) autour d'un espace public donné, comptage des bâtiments classés/inventoriés présents dans le secteur	Cardinale

4.3 - Grand paysage : ce critère permet d'évaluer la topographie d'un espace public et les possibilités qu'elle offre au niveau de la qualité paysagère. Plus le dégagement est important, plus le potentiel offert est grand.

Unité	Objectif(s)	Direction	Mesure	Echelle
-	15 / 17	Maximiser	Attribution de catégories de 1 à 5 selon la qualité paysagère d'un espace public donné.	Cardinale

Remarque(s) par rapport à l'atelier 1 : Pour le critère 4.1 « rayonnement de l'espace public », les catégories initialement prévues (échelle du quartier, de la ville etc.) seront sans doute retravaillées avec les participants lors de la deuxième séance. En effet, l'importance des placettes de quartier a été soulevé et le classement des espaces publics selon les catégories initiales ne reflèteraient pas correctement la priorisation. Concernant le critère 4.2 « ISOS », il était initialement prévu de considérer simplement que l'appartenance d'un espace public à un périmètre ISOS entraînait un gain de qualité. Suite aux discussions de l'atelier, il a été décidé de prendre également en compte les monuments présents aux abords d'un espace public. Le dernier critère d'abord appelé « services publics » n'a pas soulevé beaucoup d'enthousiasme et a été modifié en « grand paysage ». Ce nouveau critère permettant de traiter les qualités offertes par la topographie d'un espace public semblait plus pertinent puisque la topographie irrégulière de Lausanne est une de ses spécificités.

THEME 5 : économie

5.1 - Densité d'activités commerciales au Rez : ce critère mesure l'activité commerciale d'un espace public en tenant compte des frontages. Plus l'activité commerciale est importante, plus l'espace public sera animé et considéré de qualité.

Unité	Objectif(s)	Direction	Mesure	Echelle
Nbre de mètres linéaires par surface	19	Maximiser	Mesure des mètres linéaires de frontages de surfaces commerciales dans un espace public donnée, à l'aide de photos aériennes ou directement sur place	Cardinale

5.2 - Rapport emplois/habitants : ce critère permet de déterminer si le territoire dans lequel s'inscrit un espace public donné est plutôt à vocation d'activités ou de logements.

Unité	Objectif(s)	Direction	Mesure	Echelle
Pourcents	3 / 4	Maximiser	Coefficient établi par un rapport entre le nombre d'habitants et le nombre d'emplois dans un espace public	Cardinale

Remarque(s) par rapport à l'atelier 1 : Les critères 5.1 « densité d'activités commerciales au Rez » et 5.2 « Rapport emplois/habitants » ont été conservés. Ce sont davantage les façons de les mesurer qui ont été discutées et qui ont permis d'aboutir aux deux méthodes de mesure décrites dans le tableau ci-dessus. Un dernier critère 5.3 « attrait touristique » n'a pas été conservé car il est lié aux critères du thème « identité lausannoise » et sa conservation entrainerait une certaine redondance.

ANNEXE II : FICHER EXCEL « RÉSULTATS »

Ce fichier est rendu sous forme informatique. On y retrouve les onglets suivants :

calculs_bruit	façades_comm	calculs_emp_hab	calculs_surfaces	calculs_canopée	résultats
Calculs du critère « qualité sonore »	Calculs du critère « densité d'activités commerciales au Rez »	Calculs du critère « rapport emplois/habitants »	Calculs du critère « perméabilité du sol »	Calculs du critère « % surface de canopée »	Synthèse de toutes les notes sur tous les critères

ANNEXE III : LIENS DES SONDAGES EN LIGNE

Sondage thème II : environnement

<https://www.surveio.com/survey/d/P5G1B2D1E2Z3S2I2R>

Sondage thème III : mobilité

<https://www.surveio.com/survey/d/Q9W8S8N8D9P2Y2F7A>

Sondage thème IV : identité lausannoise

<https://www.surveio.com/survey/d/A2M3U4Y6W5D2L4L6I>

Sondage thème V : économie

<https://www.surveio.com/survey/d/T5T5B3B5A2B9U8G2Q>

ANNEXE IV : FICHER EXCEL « MPP »

Ce fichier est rendu sous forme informatique. On y retrouve les onglets suivants :

Données_Electre_Tri	pondération_critères	seuils de satisfaction	rangement EP	MPP	Comparaison MPP_Electre-Tri
Toutes les données utiles et issues du plugin	Tous les calculs de pondération des critères	Les seuils issus des sondages ou ajoutés	Les rangements issus de sondages et le rangement moyen	Tous les calculs de la moyenne pondérée prudente	La comparaison des résultats

Tous les calculs des analyses de sensibilité occupent les onglets suivants.

sensi(1)	sensi(2)	sensi(3)	sensi(4)	sensi(5)	sensi(6)	sensi tous	sensi_sans_canopée	sensi_modif_perméabilité	senis_severe	sensi_adaptee
----------	----------	----------	----------	----------	----------	------------	--------------------	--------------------------	--------------	---------------