

Aide à la décision multicritère pour la planification des infrastructures **bleues-vertes** à un contexte urbain québécois

Projet **PIVO**: **P**lanification **I**ntégrée des **I**nfrastructures **V**ertes en innovation **O**uverte

Sandrine Lacroix, étudiante au doctorat, génie civil | Polytechnique Montréal

Françoise Bichai, professeure agrégée, Département des génies civil, géologique et des mines | Polytechnique Montréal

Danielle Dagenais, professeure titulaire, Faculté de l'aménagement | Université de Montréal

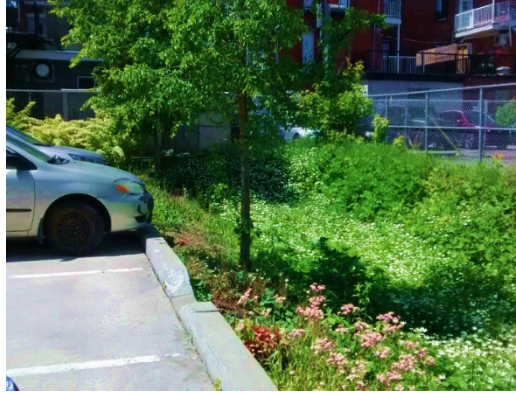


Contexte

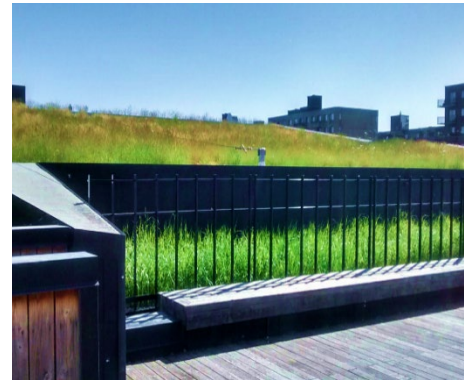
Infrastructures **bleues-vertes** urbaines

Processus de planification complexe...

Biophysique



Forme urbaine et
gouvernance



Socio-économique



Source: S. Lacroix

Services de
régulation



Services culturels



Services
d'approvisionnement



Services de soutien



Contexte

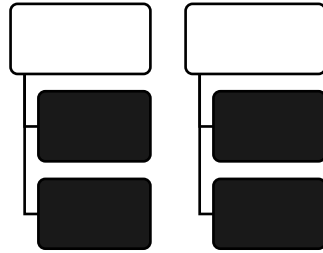
Outils d'aide à la planification

Systèmes d'information géographique (SIG)



+

Aide à la décision multicritère (ADMC)



=



Stockage, organisation, analyse et visualisation de diverses données spatiales

Inclusion d'un large éventail de critères

Résultats facilement interprétables (cartes)

Approche interdisciplinaire et interactive

Transférabilité à d'autres contextes ?



- Crédibilité acquise
- Soutien et expérience existants
- Coûts de développement évités (Street et al., 2019)

Projet PIVO: Planification Intégrée des Infrastructures Vertes en innovation Ouverte

- Développement et mise à l'essai d'un **outil d'analyse spatiale multicritère** pour soutenir les municipalités québécoises dans la planification des IV ;
- Démarche d'innovation ouverte et de recherche pour comprendre le **processus de planification** dans lequel s'insère un tel outil.



Avec la participation financière de



Projet PIVO: Équipe de recherche



Danielle Dagenais

Professeure - Faculté de
l'aménagement, École d'urbanisme et
d'architecture de paysage



Jérôme Dupras

Professeur - Département des
sciences naturelles
Institut des sciences de la
forêt tempérée (ISFORT)



Utrecht
University



Martijn Kuller
Professeur adjoint



Alexandre Rioux
Étudiant à la maîtrise



Nesrine Bennekrel
Maîtrise complétée, Été 2023



Sami Bel Yaagoubi
Étudiant à la maîtrise



Pascale Roy
Étudiante à la maîtrise



Garance Gougeon
Maîtrise complétée,
Hiv. 2022



Florence Lemieux-Chalifour
Maîtrise complétée,
Printemps 2023



Françoise Bichai

Professeure - Département des génies civil,
géologique et des mines



POLYTECHNIQUE
MONTRÉAL
UNIVERSITÉ
D'INGÉNIERIE



Sophie L. Van Neste

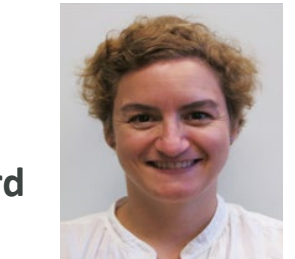
Professeure - Chaire de recherche du
Canada en action climatique urbaine



Alexis Guillemard
Post-doctorant



Sarah Dorner
Professeure - Département
des génies civil, géologique
et des mines



Hélène Madénian
Étudiante au doctorat



Sandrine Lacroix
Étudiante au doctorat



Justine Petrucci
Étudiante au doctorat

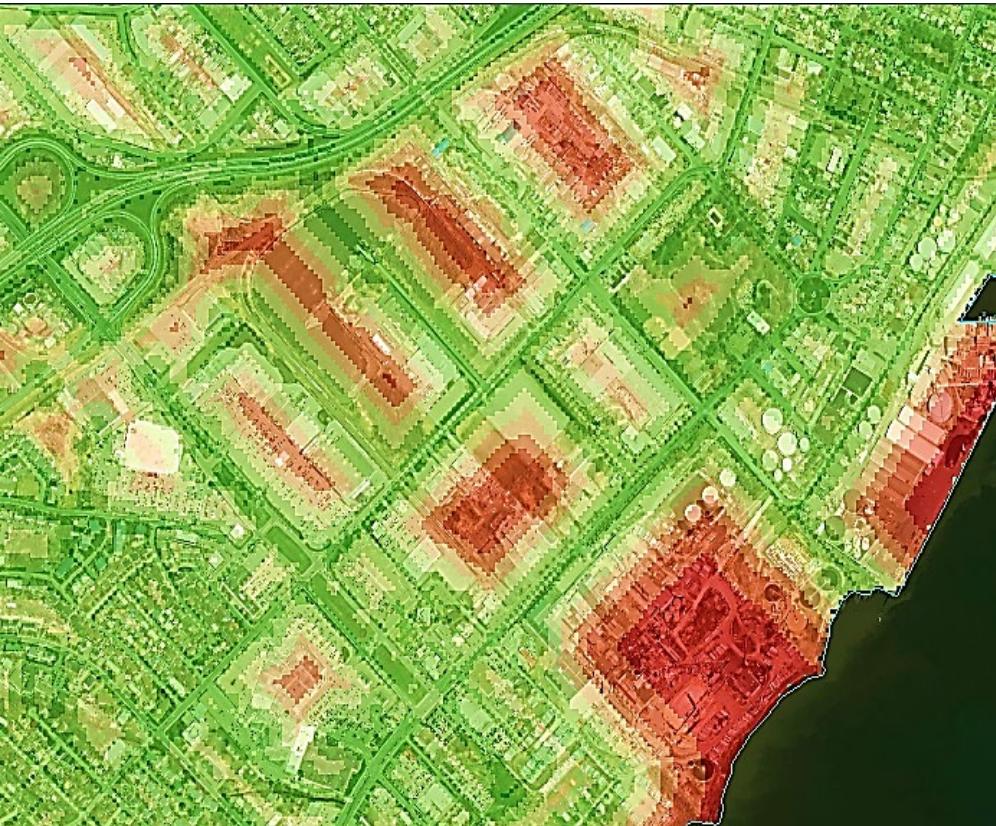
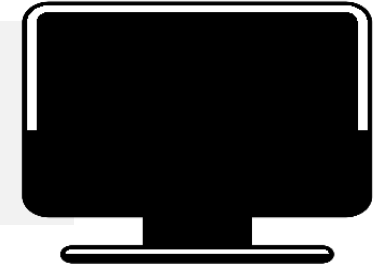


Institut national
de la recherche
scientifique

Outil SSANTO- Spatial Suitability Analysis Tool

(Kuller et al., 2019)

Un outil d'aide à la planification pour évaluer l'adéquation spatiale des infrastructures vertes de gestion des eaux pluviales



✓ Développé à Melbourne (Australie) par *Kuller et al. (2019)*

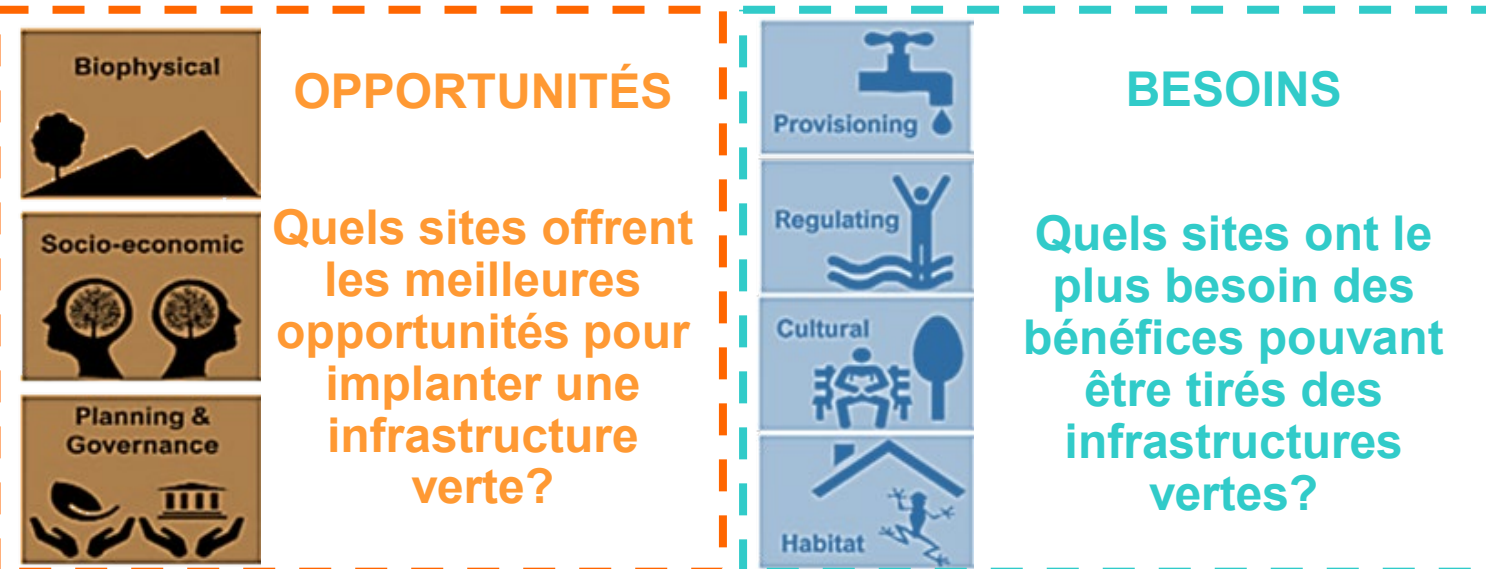


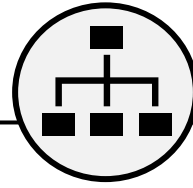
Schéma de principe de SSANTO (Kuller et al., 2017)

Outil SSANTO



Type d'IV

1. Biorétention & jardins de pluie
2. Systèmes d'infiltration
3. Toits verts
4. Étangs & lacs
5. Noues
6. Réservoirs d'eau de pluie
7. Marais artificiels
8. Arbres



Développement d'une hiérarchie d'objectifs

OPPORTUNITÉS

Optimiser la performance des IV

Sous-objectif 1

Sous-objectif 2

Minimiser les coûts

Sous-objectif 1

BESOINS

Améliorer l'adaptation climatique

Sous-objectif 1

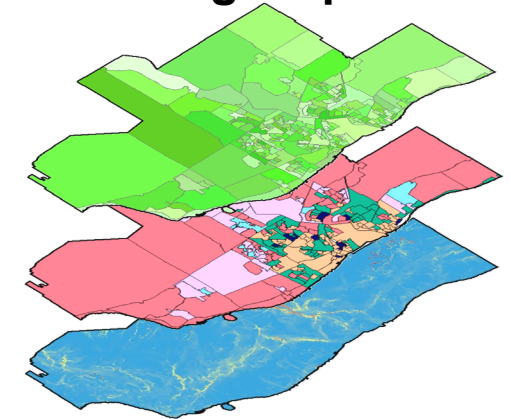
Sous-objectif 2

Améliorer le bien-être des communautés urbaines

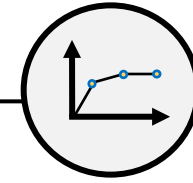
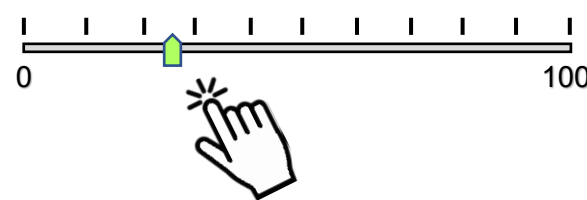
Sous-objectif 1



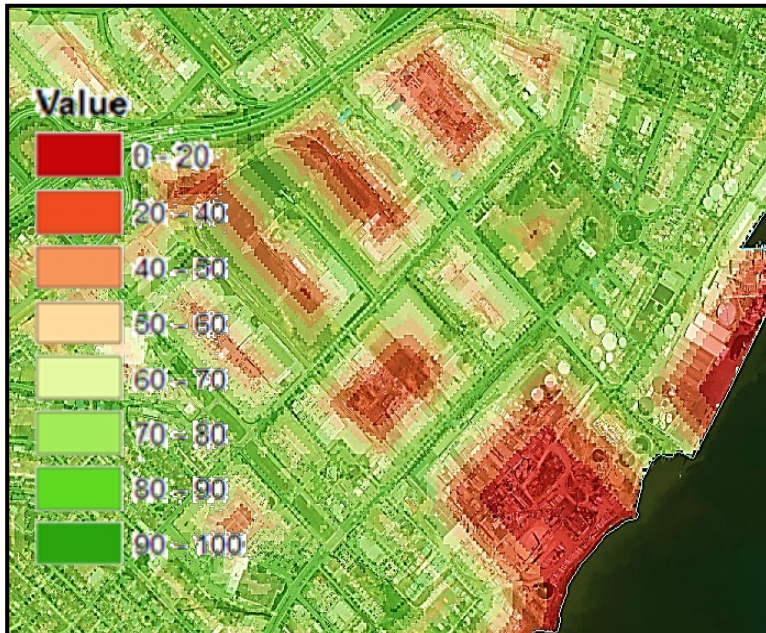
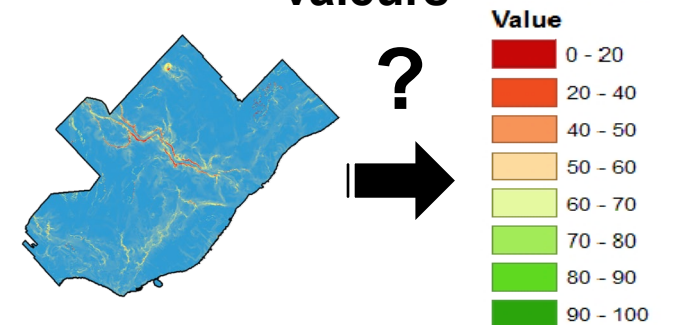
Compilation d'une base de données géospatiales



Pondération des objectifs sur une échelle de 0 à 100



Définition des échelles de valeurs





Développement de l'outil SSANTO

Développement de logiciel (1)



Tristan Rioux



Philippe Maisonneuve



Frédérique Roy



Christophe Beaulieu



Louis Plessis

Développement de logiciel (2)



Olivier Gendreau,
Maître d'enseignement
en génie logiciel



Chaimaa Khal



Dana Louka



Guillaume Proulx



Sanyan Obossou Ema-Wo

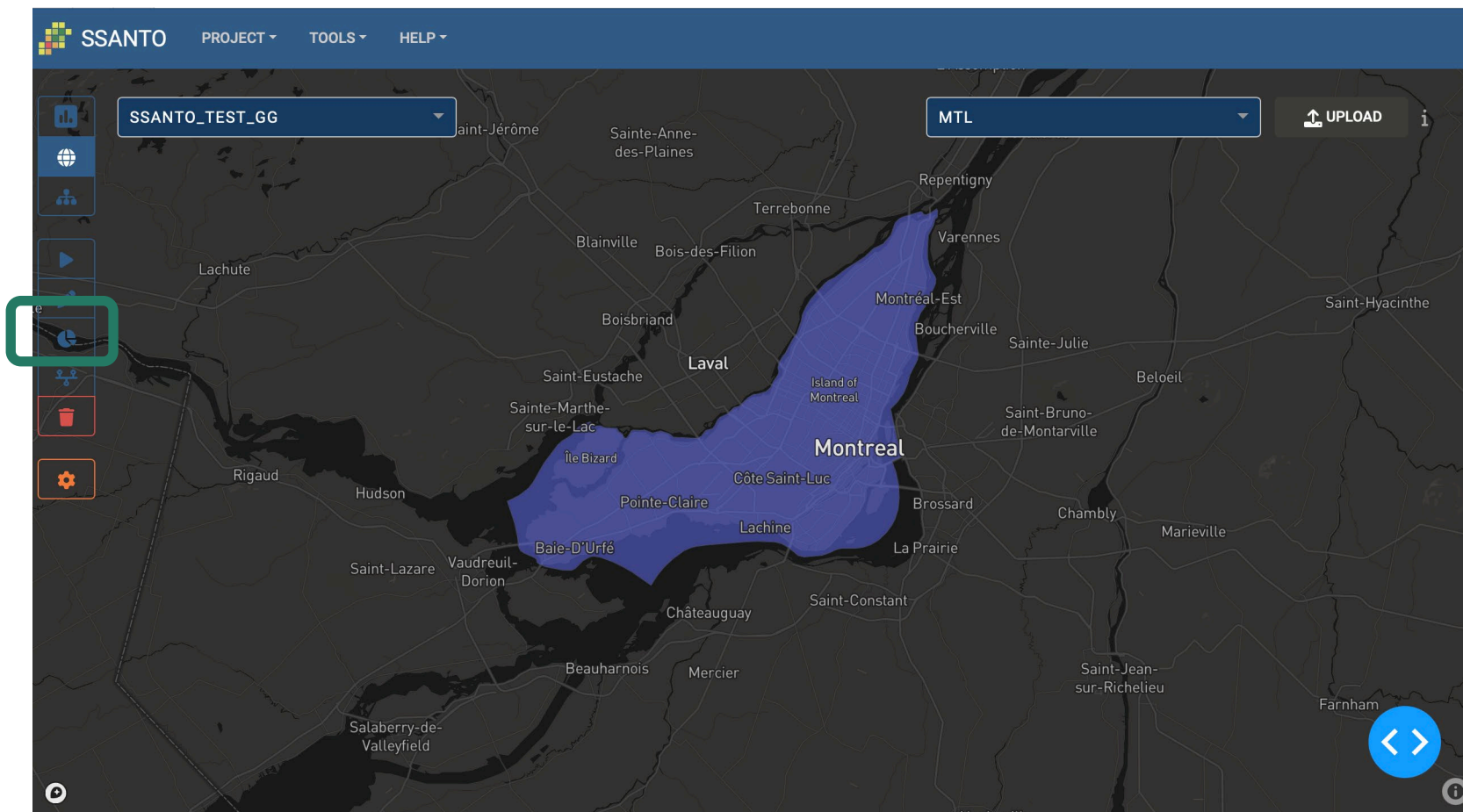
Avec le soutien de Martijn Kuller, Françoise Bichai, Sandrine Lacroix et Justine Petrucci.



Développement de l'outil SSANTO

Fonctionnalités

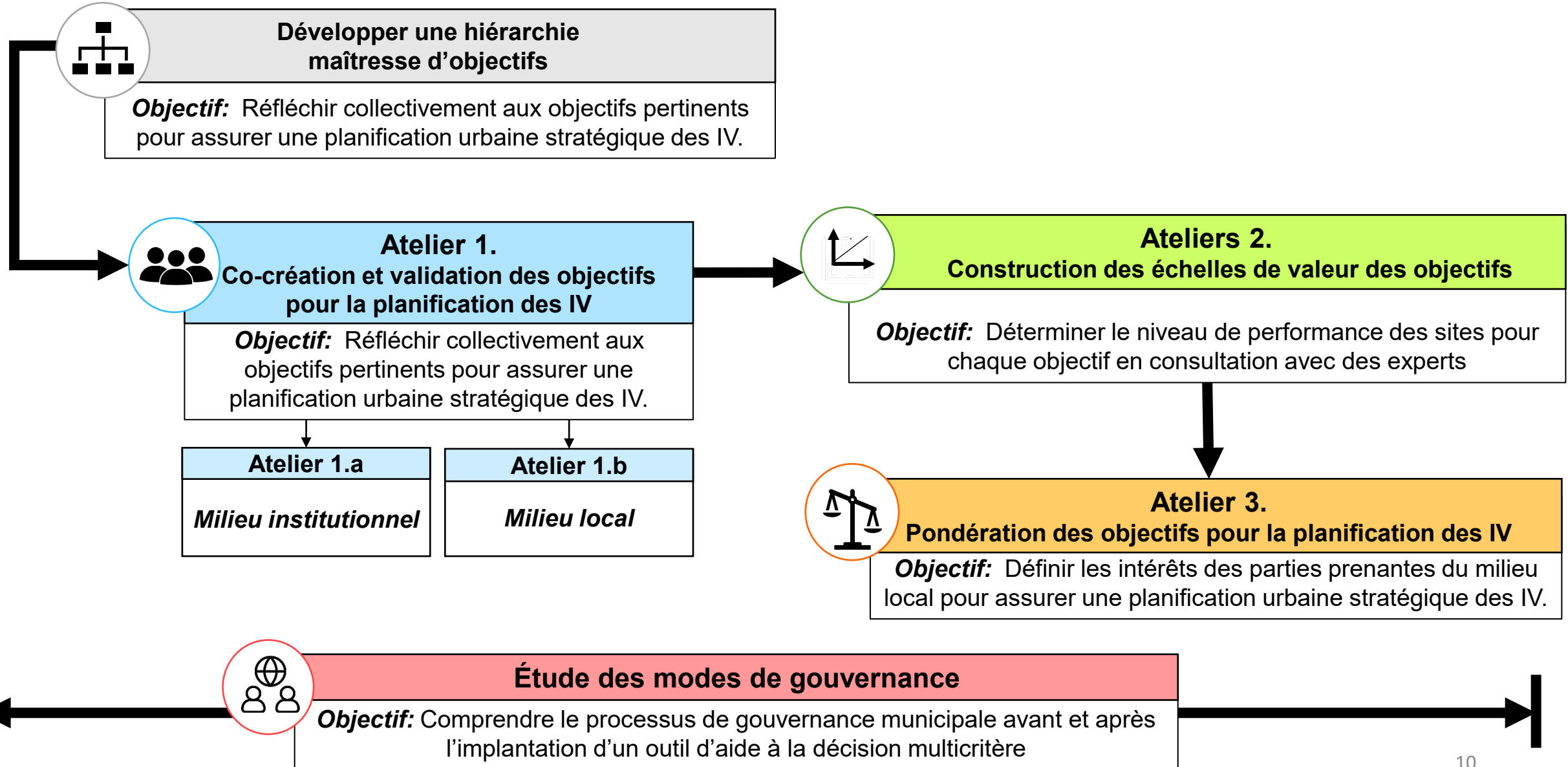
- Résultats
- Vue de la zone étudiée
- Hiérarchie d'objectifs
- Lancer l'analyse d'adaptabilité
- Éditer le projet
- Diagramme d'objectifs
- Ouvrir la boîte de dialogue
- Supprimer le projet
- Option d'affichage



 [Démo SSANTO ACFAS 2023 - YouTube](#)

Lien vers la démo https://www.youtube.com/watch?fbclid=IwAR0fI0ABaPwiDOW7DOKgfsYs_GljAcEU4vBLcuD67F-29oeaKFKPjCVMSxA&v=IFBLtFI_NH8&feature=youtu.be

Structure du projet PLIVO





Gouvernance de l'implantation des IV sur le terrain (Hélène Madénian)

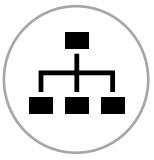
À quoi ressemble la gouvernance de l'implantation des IV sur le terrain ?

L'ambition de viser une planification d'ensemble pour optimiser leurs bénéfices est-elle souhaitée et accessible pour les praticien.ne.s ?

Sélection d'arrondissements plus ou moins avancés dans la planification des IV

- Analyse documentaire des plans et outils des arrondissements
- 16 entrevues semi-dirigées: planification, bureau de projet, transition, travaux publics

Arrondissements ou services
Service de l'eau x 3
Bureau de la transition et de la résilience x 1
Rosemont-la-Petite-Patrie x 2
Villeray-St-Michel-Parc-Extension x 2
Côte-Des-Neiges—Notre-Dame-De-Grâce x 1
Mercier-Hochelaga-Maisonneuve x 2
Ahuntsic-Cartierville x 1
Sud-ouest x 2



Développer une hiérarchie maîtresse d'objectifs

Formuler la décision autour de la *Pensée axée sur la valeur* (Keeney, R.L., 1996)

1

Définition des valeurs selon les cadres et guides existants

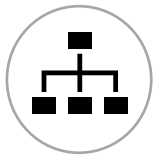
- Critères originaux de l'outil SSANTO (*Kuller et al., 2019*)
- Critères d'un cadre local développé à Beauport, Québec (*Dagenais et al., 2014*)
- Critères des directives nord-américaines (ex: *CSA Group, 2018; MDDEFP, 2011; MDDELCC, 2017; TRCA/CVCA, 2010*)
- Projets de recherche de maîtrise et doctorat de PIIVO (*J. Petrucci, G. Gougeon, F. Chalifour-Lemieux, A. Rioux*)

2

Formulation des valeurs en objectifs

- 3 composantes d'un objectif :
 - (i) le contexte de décision
 - (ii) l'objet
 - (iii) la direction des préférences

- Sélection de sites stratégiques pour l'implantation des IV dans les milieux urbains
- Ex: Exposition aux îlots de chaleur
- Ex: ↓ ou ↑



Développer une hiérarchie maîtresse d'objectifs

Formuler la décision autour de la *Pensée axée sur la valeur* (Keeney, R.L., 1996)

1

Définition des valeurs selon les cadres et guides existants

- Critères originaux de l'outil SSANTO (*Kuller et al., 2019*)
- Critères d'un cadre local développé à Beauport, Québec (*Dagenais et al., 2014*)
- Critères des directives nord-américaines (ex: *CSA Group, 2018; MDDEFP, 2011; MDDELCC, 2017; TRCA/CVCA, 2010*)
- Projets de recherche de maîtrise et doctorat de PIIVO (*J. Petrucci, G. Gougeon, F. Chalifour-Lemieux, A. Rioux*)

2

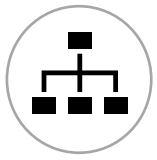
Formulation des valeurs en objectifs

- 3 composantes d'un objectif :
 - (i) le contexte de décision
 - (ii) l'objet
 - (iii) la direction des préférences

3

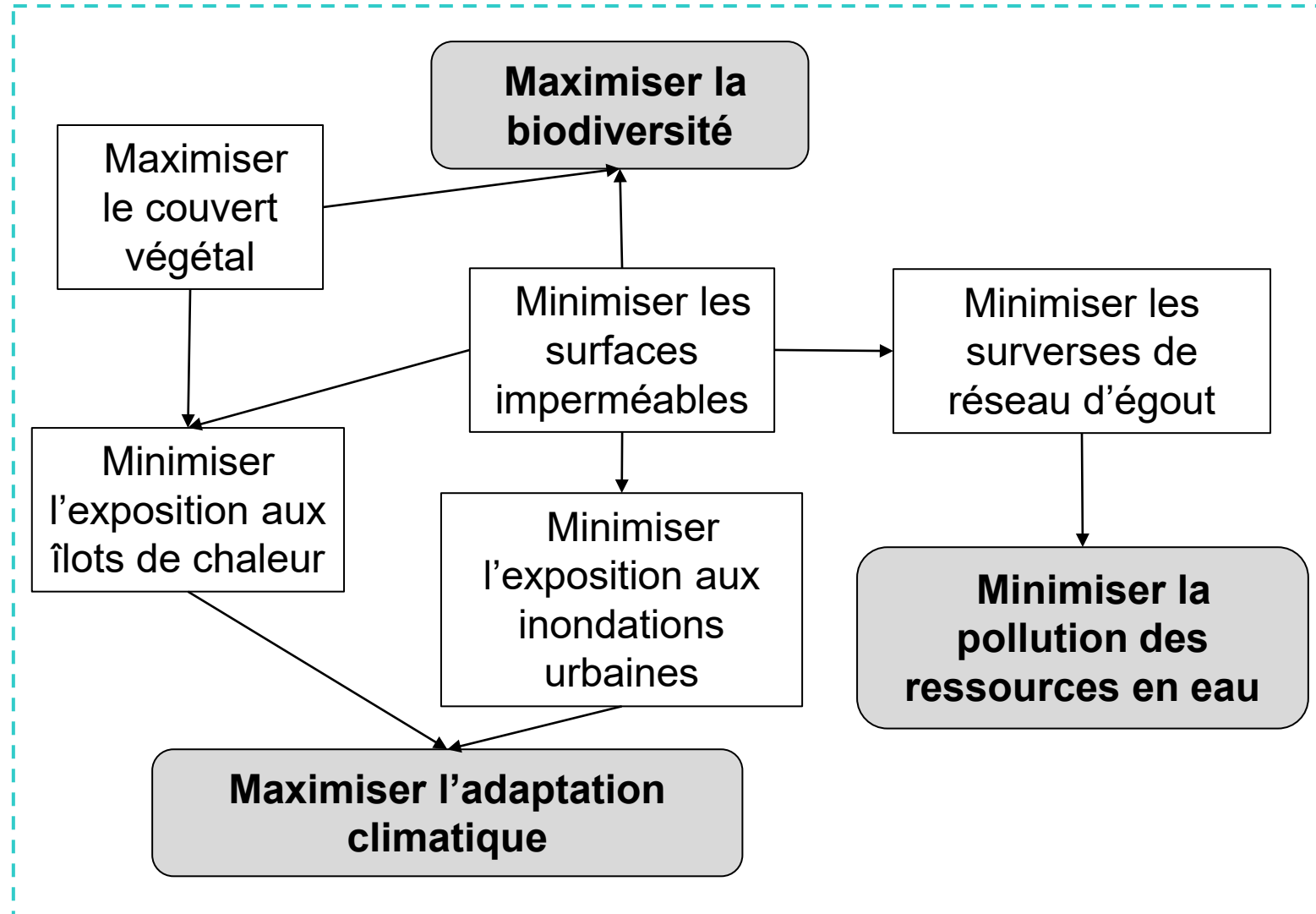
Distinguer les objectifs fondamentaux des objectifs moyens

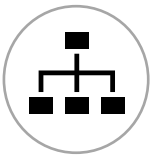
- Créer un réseau d'objectifs moyens et fondamentaux (Keeney, 1996)



Développer une hiérarchie maîtresse d'objectifs

Réseau de moyens et de fins (Keeney, R.L., 1996)





Développer une hiérarchie maîtresse d'objectifs

Formuler la décision autour de la *Pensée axée sur la valeur* (Keeney, R.L., 1996)

1

Définition des valeurs selon les cadres et guides existants

- Critères originaux de l'outil SSANTO (*Kuller et al., 2019*)
- Critères d'un cadre local (*Dagenais et al., 2014*)
- Critères des directives nord-américaines (ex: *CSA Group, 2018; MDDEFP, 2011; MDDELCC, 2017; TRCA/CVCA, 2010*)
- Projets de recherche de maîtrise et doctorat de PIIVO (*J. Petrucci, G. Gougeon, F. Chalifour-Lemieux, A. Rioux*)

2

Formulation des valeurs en objectifs

- 3 composantes d'un objectif :
 - (i) le contexte de décision
 - (ii) l'objet
 - (iii) la direction des préférences

3

Distinguer les objectifs fondamentaux des objectifs moyens

- Créer un réseau d'objectifs moyens et fondamentaux

4

Opérationnaliser les objectifs

- Validation des attributs mesurables
- Collecte de données spatiales à l'échelle régionale et municipale





Ateliers 1. Co-création des objectifs pour la planification des IV

Janvier 2023 | 37 participants

Atelier 1.a

| 17 janvier 2023

| 20 participants



Gouvernement provincial



Milieu municipal

Ingénieurs, consultants, travaux publics,
environnement



**Organisations régionales et
locales**

  but non-lucratif, services de recherche

Atelier 1.b

| 31 janvier 2023

| 17 participants



3 arrondissements:

|Villeray-Saint-Michel-Parc
Extension

|Côte-des-Neiges-Notre-Dame-de-
Gr ce

|Ahunstic-Cartierville

Comités citoyens, ingénieurs,
architecte paysagiste, consultants,
organisations à but non lucratif,
planification, transition



Ateliers 1. Co-création des objectifs pour la planification des IV

Janvier 2023 | 37 participants

1

**Présentation
du projet et
brise-glace**



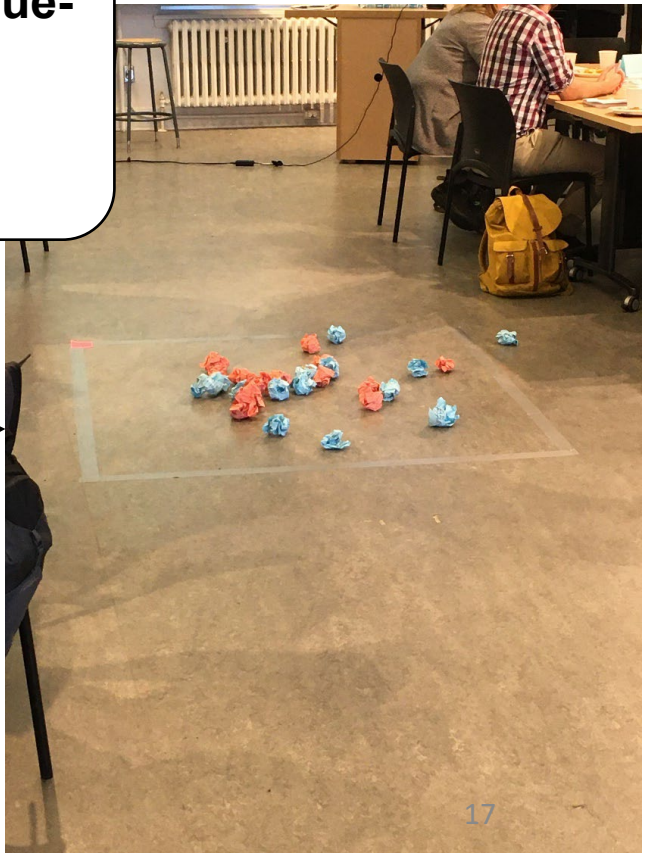
2

**1er tour; Remue-
mênage
individuel**



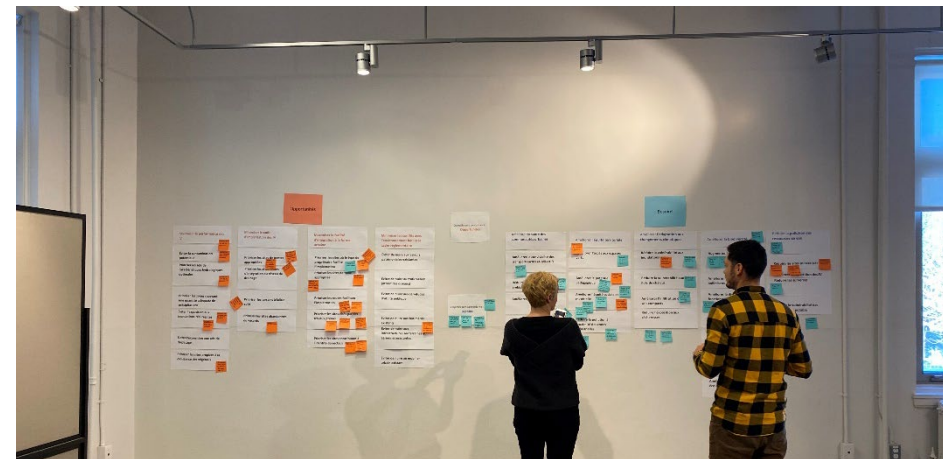
3

**2e tour; Remue-
mênage
individuel**



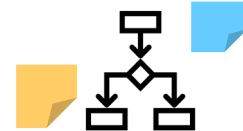
4

Regroupement des idées



5

Association aux objectifs de la liste maîtresse



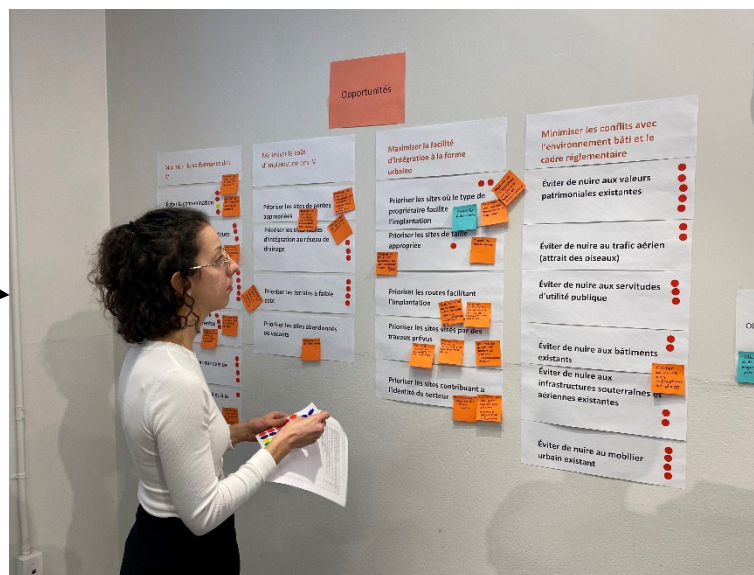
6

Votes individuel
d'exclusion



7

Discussion de
groupe



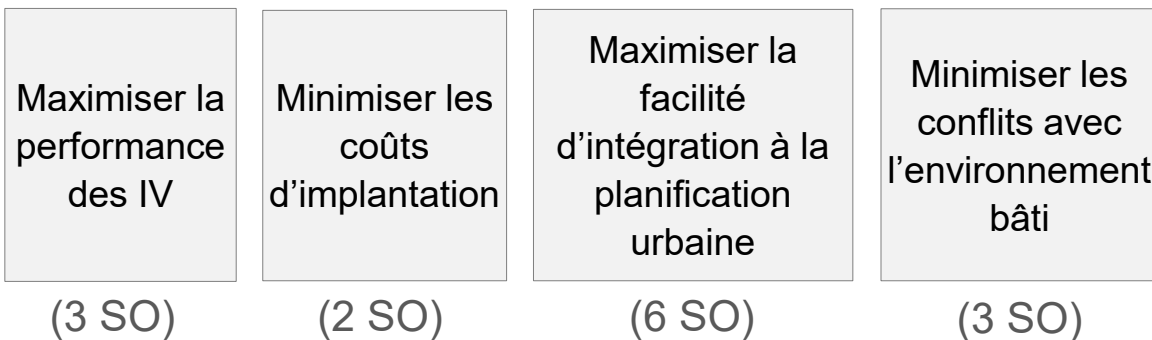
Résultats | Hiérarchie d'objectifs

- Vaste gamme d'objectifs
- Reflète à la fois l'état de l'art en recherche, l'expertise des utilisateurs et l'intérêt de parties prenantes

Choisir des sites stratégiques pour l'implantation des IV

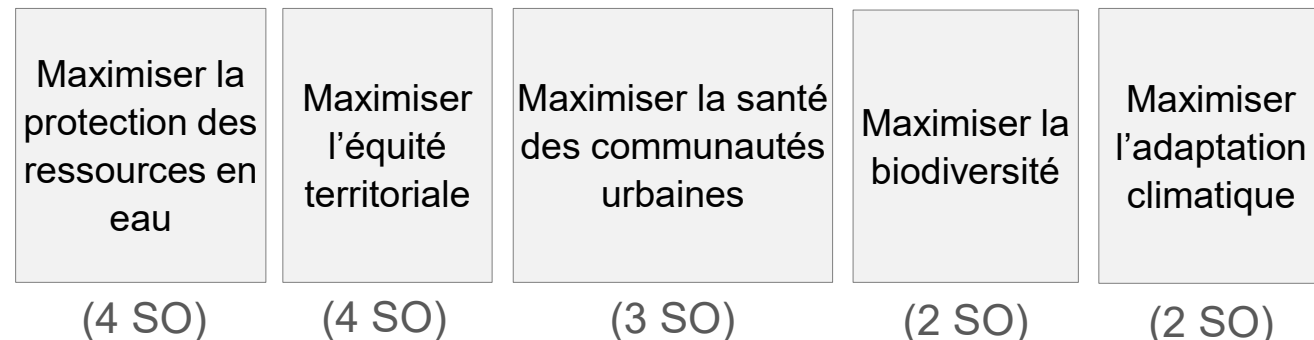
Maximiser l'implantation des IV là où se trouvent les meilleures **opportunités**

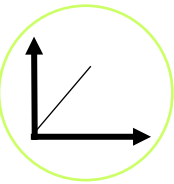
*4 objectifs principaux
14 sous-objectifs*



Maximiser l'implantation des IV là où les **besoins** sont les plus importants

*5 objectifs principaux
15 sous-objectifs*





Atelier 2: Construction des échelles de valeurs des objectifs

Mai à Août 2023 | 21 experts

Planification des consultations

| 18 consultations

| Entre 1h30 et 3h par consultation

| 56 échelles de valeurs



<u># experts</u>	<u>Thème</u>	<u># experts</u>	<u>Thème</u>
1	Biodiversité	2	Stationnements
4	Opportunités liées à la conception des IV	2	Qualité de l'air
2	Équité territoriale	1	Croissance des arbres
1	Aléas climatiques	1	Pollution sonore
3	Transport actif et en commun	1	Sols
2	Hydrologie urbaine		

Résultats | Échelles de valeurs des objectifs

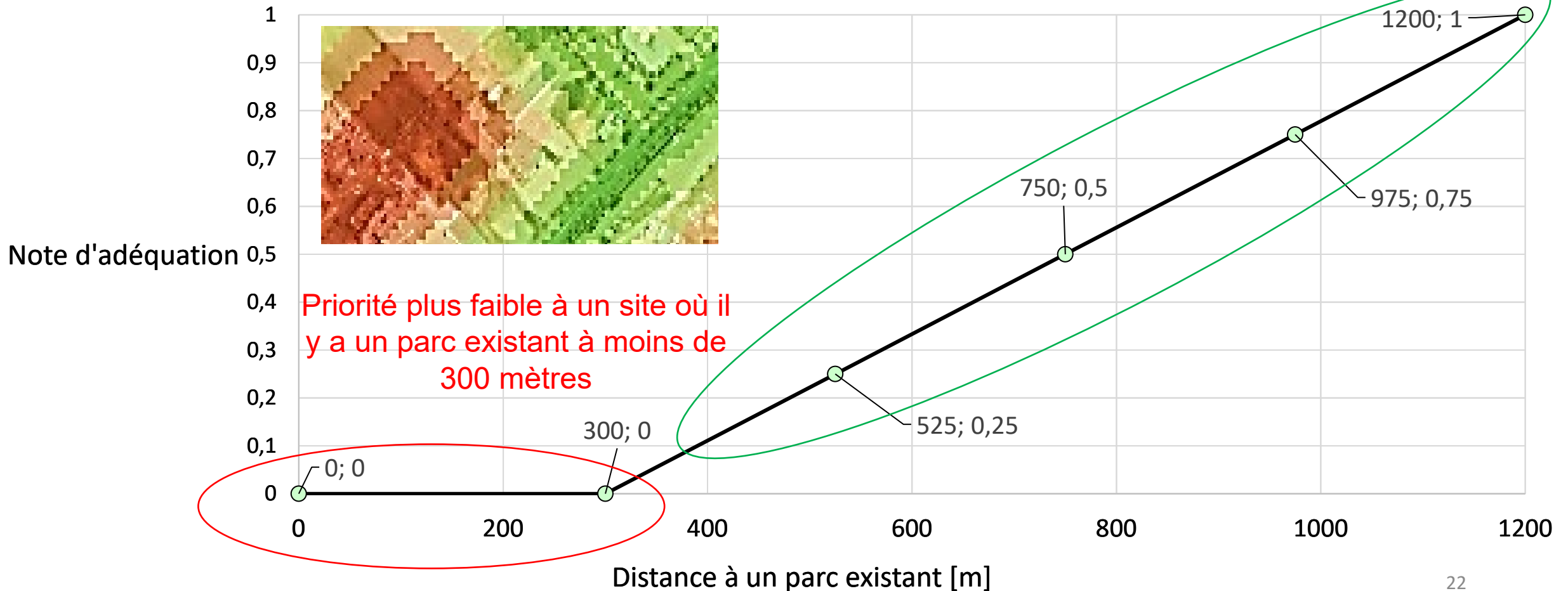
Objectif principal : Maximiser l'équité territoriale

Sous-objectif : Maximiser l'accès aux espaces verts

Attribut : Distance d'un parc existant (m)

IV : Marais artificiel

Priorité plus grande à un site, plus le parc existant est loin, jusqu'à une distance de 1,2 km (15 min de marche à une vitesse moyenne)





Atelier 3: Pondération des objectifs

Juillet et septembre 2023 | 20 participants

Atelier 3

| 4 séances

| 20 participants



Partenaires du projet

Participants de l'atelier 1.a



Milieu municipal

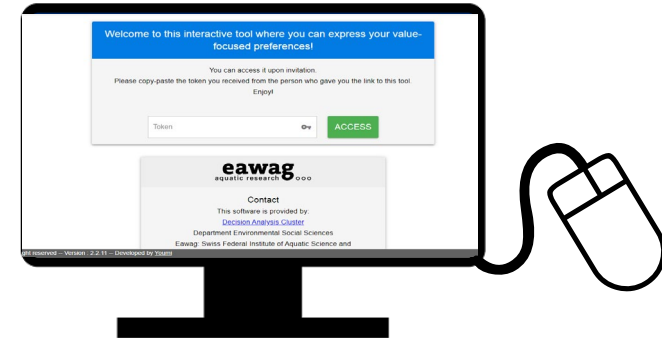
Participants de l'atelier 1.b



Experts

Certains experts des ateliers 2, d'une organisation partenaire au projet

- Questionnaire en ligne basé sur la méthode de pondération swing (Eisenführ, Weber, & Langer, 2010)



Arbre urbain



Biorétentions



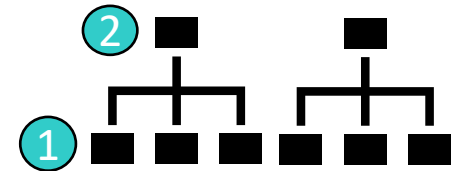
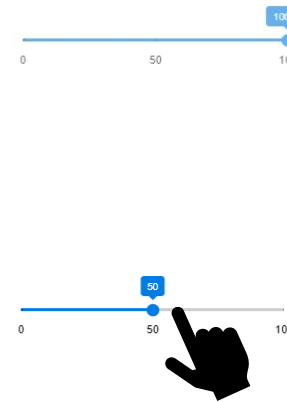
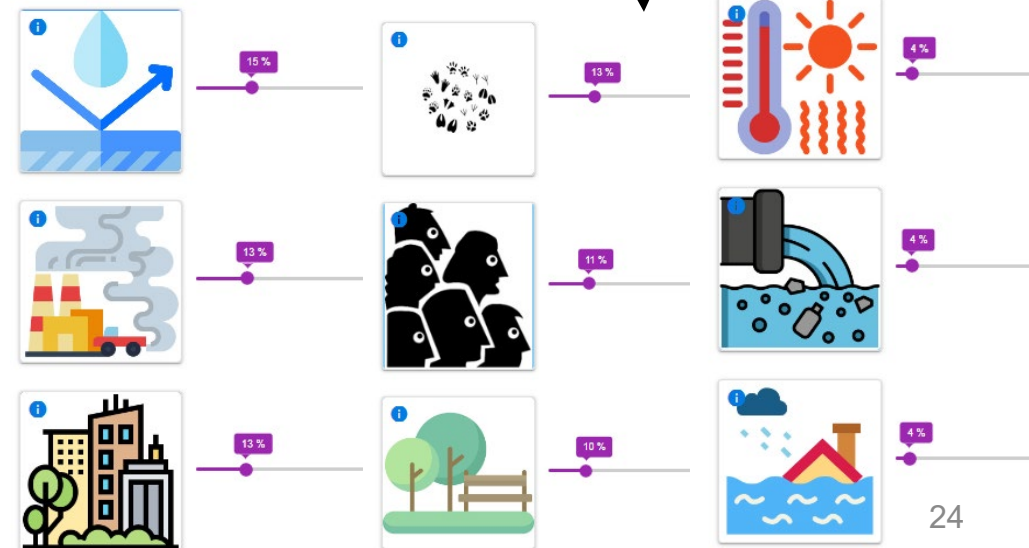
Marais artificiel



Résultats | Poids des objectifs principaux

- Quelles sont les préférences individuelles par objectif principaux et secondaires?
- À quel point les préférences divergent entre les participants?
- Est-ce qu'il existe des différences entre les préférences des objectifs selon le type d'IV?

Objectif principal: Maximiser l'équité territoriale
Maximiser l'accès aux espaces verts
 Les parcs et espaces verts publics constituent des zones récréatives pour les communautés urbaines et jouent un rôle-clé de bien-être. Toutefois, ces espaces ne sont pas nécessairement distribués de manière uniforme sur le territoire urbain, leur accès n'est donc pas équitable à travers la communauté. Seuls les IV de tailles plus importantes telles que les marais artificiels et les étangs et lacs sont considérés comme pouvant servir de zones récréatives à la population.
 Attribut utilisé: Distance à un espace vert ou parc public existant (m)
 Meilleur cas: L'IV est plantée sur un site où le parc ou l'espace vert public le plus près se trouve à une distance de plus de 1200 mètres ou 15 minutes de marche (un parc ou un espace vert n'est pas déjà accessible à proximité).
 Pire cas: L'IV est plantée sur un site où le parc ou l'espace vert public le plus près se trouve déjà à une distance de moins de 300 mètres (un parc ou un espace vert est déjà accessible à proximité).

5 | Conclusions

Potentiel de se baser sur la recherche existante sur les outils SIG-ADMC

- Cadre basé sur des objectifs, adaptable à d'autres contextes
- Renforcer des collaborations internationales en recherche et dans la pratique sur les IV



- Identification de municipalités utilisatrices potentielles (mi-projet)



- Préparation d'un guide d'utilisateur



- Planification d'activités de transfert des connaissances et de formation ***

- Hébergement de SSANTO et soutien technique ***

Planification Intégrée des Infrastructures Vertes en innovation Ouverte

Projet d'innovation sociale financé par le ministère de l'Économie, de l'Innovation et de l'Énergie du Québec

Avec la participation financière de



Projet PIIVO

Infrastructures vertes, innovation sociale, planification et aménagement du territoire urbain

Administration et planification du développement urbain et rural · Montréal, Québec · 39 abonnés

<https://www.linkedin.com/company/projet-piivo/posts/>