

**Département de géomatique appliquée
Faculté des lettres et sciences humaines
Université de Sherbrooke**

**Développement d'un outil de collecte de données géomatiques pour la végétation
pour le Service des grands parcs, du Mont-Royal et des sports pour la Ville de
Montréal**

Maxime Déplechin

**Essai présenté pour l'obtention du grade de Maître en sciences géomatiques et
télédétection (M. Sc.)**

Septembre 2024

© Maxime Déplechin, 2024

Composition du jury

**Développement d'un outil de collecte de données géomatiques pour la végétation
pour le Service des grands parcs, du Mont-Royal et des sport pour la ville de
Montréal**

Par Maxime Déplechin

Cet essai a été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

**Mickaël Germain, directeur de recherche
(Département de géomatique appliquée, Faculté des lettres et sciences humaines,
Université de Sherbrooke)**

**Yves Voirin, membre du jury
(Département de géomatique appliquée, Faculté des lettres et sciences humaines,
Université de Sherbrooke)**

Résumé

La préservation de la biodiversité est un enjeu plus que jamais important dans le contexte actuel, marqué par l'intensification des changements climatiques. Extrêmement vulnérable aux activités humaines, sa conservation en milieu urbain pose de nombreux défis d'adaptation. La valorisation et la protection de la biodiversité représentent donc des enjeux majeurs pour les municipalités. Depuis 1996, le Service des grands parcs, du Mont-Royal et des sports de la Ville de Montréal a mis en place un programme de gestion des écosystèmes qui vise à identifier les composantes de la biodiversité de la ville et à promouvoir leur valorisation. Des inventaires périodiques de la végétation sont réalisés afin de recenser la diversité présente, et d'optimiser sa préservation.

Jusqu'à présent, la collecte de données géospatiales était effectuée par des entreprises externes utilisant leurs propres méthodologies et applications. Désormais, la Ville de Montréal souhaite développer sa propre application afin d'optimiser et de standardiser ces données, l'objectif étant à terme de faciliter l'analyse et la gestion des données par ses équipes, en utilisant l'environnement Esri dans ses opérations.

Initialement, l'intention du projet était d'utiliser l'application Field Map d'Esri pour les inventaires. Cependant, en raison de limitations techniques spécifiques à cette application, il fut décidé d'intégrer plusieurs outils de la suite Esri pour atteindre les objectifs fixés. Ainsi, l'outil de collecte de données géospatiales développé repose sur l'utilisation combinée d'ArcGIS Field Map, Experience Builder et ArcGIS Online.

Cet essai explique le processus de développement de cet outil en expliquant la logique sous-jacente, les défis rencontrés, et la façon dont les différentes applications ont été configurées et interconnectées entre elles pour aboutir à la création un prototype fonctionnel.

Remerciements

Je tiens à remercier mon directeur d'essai, le Professeur Mickaël Germain, pour avoir accepté de superviser mon projet. Sa disponibilité, ses remarques constructives et ses précieux conseils ont été essentiels pour mener à bien cet essai.

Également, je souhaite remercier les équipes du SGPMRS de la ville de Montréal et particulièrement Madame Virginie Angers pour son encadrement attentif, sa disponibilité exemplaire, ainsi que pour la confiance qu'elle m'a accordée. Son aide fut d'une importance capitale dans la réalisation de ce projet et je lui suis profondément reconnaissant pour cette collaboration.

Pour terminer, je souhaite remercier ma famille et particulièrement ma sœur Marine, pour son soutien et ses encouragements dans le cadre de ce travail et durant tout mon parcours académique.

Table des matières

1. Introduction.....	1
1.1 Mise en contexte	1
1.2 Problématique	2
1.3 Objectifs	2
2. Cadre théorique.....	3
2.1 La biodiversité	3
2.1.1 Contextualisation de la biodiversité.....	3
2.1.2 Menaces pour la biodiversité : la problématique des espèces envahissantes exotiques.....	5
2.1.3 La biodiversité en milieu urbain.....	6
2.2 Les SIG en milieu urbain.....	8
2.2.1 Les SIG en général	8
2.2.2 Collecte d'information sur le terrain avec un SIG	9
2.2.3 Cas d'étude : exemple d'application de collecte de données géospatiales	10
3. Matériel et méthode.....	12
3.1 Site d'étude	12
3.2 Données	13
3.3 Méthodologie	14
3.3.1 Choix des applications utilisées	14
3.3.2 Explications et démarche de la mise en place du projet.....	16
3.3.3 Étapes méthodologique de création du projet	19
4. Résultats.....	25
4.1 Création du schéma conceptuel et logique	25
4.2 Géodatabase dans ArcGIS Pro	26
4.3 Application Field Map	29
4.4 Application Experience Builder	31
5. Interprétation des résultats	32
6. Conclusion	34
7. Recommandations.....	35
Bibliographie.....	36
Annexes	41

Liste des figures

Figure 1 : Carte des Grands parcs	13
Figure 2 : Cheminement du développement de l'application.....	17
Figure 3: Schéma méthodologique	20
Figure 4 : Paramétrage de la couche dans le portail d’ArcGIS Online.....	22
Figure 5 : Configuration de l’application Field Map	23
Figure 6 : Illustration des listes de valeurs.....	23
Figure 7 : Configuration de l’application Experience Builder.....	24
Figure 8 : Schéma logique	25
Figure 9 : Propriétés de la classe de relation.....	26
Figure 10 : Emplacement des outils dans ArcGIS Pro	27
Figure 11 : Choix de réponse issues des domaines (1)	28
Figure 12 : Choix de réponse issues des domaines (2)	28
Figure 13 : Ajout d'une location dans l'application Field Map.....	29
Figure 14 : Exemple de formulaire dans l'application Field Map.....	30
Figure 15 : Visibilité conditionnelle de champ dans Field Map.....	30
Figure 16 : Outil de mise à jour dans Experience Builder	31

Liste des tableaux

Tableau 1 : Exemples d’applications de collecte de données géospatiales	11
Tableau 2 : Type des données géospatiales	14

Liste des acronymes

EEE	Espèces Exotiques Envahissantes
ESRI	Environmental Systems Research Institute
GPS	<i>Global Positioning System</i>
MECCFP	Ministère de l’Environnement, de la lutte Contre les Changements climatiques, de la Faune et des Parcs
SGPMRS	Service des Grands Parcs, du Mont-Royal et des Sports
SHP	<i>Shapefile</i>
SIG	Système d’Information Géographique
WWF	World Wild Fund

1. Introduction

1.1 Mise en contexte

Élément incontournable du paysage montréalais, la nature et les espaces naturels font partie intégrante du territoire urbain de la ville de Montréal. Qu'il s'agisse d'espaces naturels protégés, d'espaces verts ou de modestes parcs de quartier, chacun abrite une biodiversité riche et variée, mais néanmoins vulnérable aux activités humaines. Cela est particulièrement vrai dans les grands parcs de la ville de Montréal tels que le parc du Mont-Royal, le parc Laurier, ou encore le parc Lafontaine pour ne citer que les plus connus, qui sont confrontés à une grande fréquentation humaine tout en abritant une forte diversité d'espèces fauniques et végétales.

Afin de les mettre en valeur tout en les protégeant, le Service des grands parcs, du Mont-Royal et des sports (SGPMRS) de Montréal, qui a pour mission de protéger et de mettre en valeur les milieux naturels, la forêt urbaine et les espaces publics de la ville, s'est doté d'un *Programme de gestion des écosystèmes pour les grands parcs* (Ville de Montréal, 2021) pour lequel l'acquisition de connaissances joue un rôle clef dans la prise de décisions concernant ses orientations futures.

En vigueur depuis 1996, ce programme a pour but de maintenir un équilibre entre la préservation des milieux naturels et de leur biodiversité, et l'accès aux lieux par la population, afin qu'elle puisse continuer d'en apprécier les bienfaits.

Pour réussir à atteindre ces objectifs, il est nécessaire d'avoir accès à de nombreuses données afin de connaître l'état des écosystèmes des grands parcs. En effet, pour intervenir de façon adéquate et prendre les meilleures décisions possibles pour la conservation de la biodiversité, il est important de savoir ce qui la compose. Ainsi, depuis plus de 25 ans, le SGPMRS fait appel à des consultants pour réaliser des audits écologiques floristiques et fauniques dans les milieux naturels de son réseau de grands parcs. Ils sont réalisés sur une durée variable de 10 ans pour la végétation et de 5 ans pour la faune.

Lors de ces inventaires, qui ont pour but de répertorier les espèces vivant à l'intérieur des grands parcs, connaître la position de l'endroit où ils ont été inventoriés est une information cruciale pour les équipes du SGPMRS. Pour cela, la géomatique, qui fait appel aux sciences géographiques et informatiques, est utilisée pour enregistrer et transformer ces positions en données informatiques exploitables.

Une fois l'inventaire terminé, un rapport de la campagne d'inventaire réalisé par le consultant est fourni à la Ville. Celui-ci contient différentes cartes thématiques représentant la position des espèces. De plus, une copie brute des données géospatiales utilisées pour la production des cartes est également remise à la Ville.

Néanmoins, dans l'état des choses, ces données sont peu ou difficilement exploitables pour plusieurs raisons.

1.2 Problématique

Le principal problème rencontré par la ville est l'absence de standardisation des données géospatiales livrées par les consultants. En effet, il est apparu qu'il n'y avait pas réellement de procédures standardisées concernant la forme que devait prendre le rendu des données cartographiques fournies par les différents consultants engagés. Actuellement, les données reçues par la ville de Montréal ne sont pas uniformes et peuvent varier d'un consultant à un autre bien que l'information demeure la même. Plusieurs situations problématiques existent. Par exemple, elles peuvent être enregistrées dans des formats différents comme Shapefile (SHP), Map Info ou encore être orthographiées de manière différente. Par exemple, certaines avec une majuscule, d'autres sans, etc.

A priori sans grande incidence, cela peut néanmoins engendrer de nombreuses répercussions sur l'analyse et le traitement des données géospatiales, qui s'en trouve ralenti, en plus de compliquer leur exploitation. C'est donc une situation que souhaiterait corriger la Ville en développant son propre outil de collecte de données.

La Ville de Montréal cherche également à résoudre une autre situation problématique en développant sa propre application. En plus d'améliorer le contrôle sur la gestion et l'organisation des données, elle vise à en favoriser l'accès pour ses différentes équipes. À l'heure actuelle, les membres du SGPMRS ne sont pas tous à compétences égales dans l'utilisation de logiciels de géomatique et l'analyse de données géospatiales.

Ayant récemment adopté les applications de l'environnement Esri (Environmental Systems Research Institute) (Esri, 2024a) dans le cadre de ses opérations, ces dernières permettent une visualisation aisée des données à travers des cartes interactives hébergées en ligne et facilitent la collecte de données sur le terrain via différentes applications. En développant son propre outil de collecte de données pour la végétation sur la base de l'environnement Esri, la Ville espère rendre les données plus facilement consultables pour ses équipes.

1.3 Objectifs

L'objectif de cet essai est de développer un outil de collecte de données géomatiques pour la végétation qui sera utilisé par les consultants mandatés par le SGPMRS dans le cadre des inventaires de la végétation des grands parcs de la ville de Montréal.

Il est à noter que nous utiliserons l'écosystème Esri pour le développement du projet, puisque c'est l'écosystème utilisé par les équipes de géomatique de la ville.

Notre essai se divise en trois objectifs spécifiques:

- le premier objectif est d'assurer une structure des données que souhaite collecter le SGPMRS et d'incorporer la structure dans une géodatabase développée à partir du logiciel ArcGIS Pro.

- le deuxième objectif est de construire un outil de collecte de données à partir de l'application ArcGIS Field Map et de la géodatabase proposée. L'application ArcGIS Online sera également utilisée pour cette étape.
- le troisième objectif est de développer des tableaux de bord à partir de ArcGIS Dashboard pour la visualisation mais aussi la diffusion et le partage de l'information liée à la collecte de données.

2. Cadre théorique

Afin de bien cerner le contexte de création d'un outil de collecte de données géospatiales pour la végétation, et plus particulièrement en milieu urbain, il est important de bien comprendre le contexte dans lequel il se produit.

Ce chapitre propose dans un premier temps de s'attacher à la végétation, à travers une contextualisation de la biodiversité, en général et en milieu urbain, puis dans un second temps, d'expliquer la notion de Système d'Information Géographique (SIG) en s'appuyant sur des exemples concrets reflétant la pertinence de leur utilisation en milieu urbain.

2.1 La biodiversité

2.1.1 Contextualisation de la biodiversité

La planète Terre abrite plusieurs formes de vie qui existent, cohabitent et interagissent entre-elles dans leurs milieux naturels, chacun avec ses propres spécificités. Des forêts tropicales aux zones arctiques, en passant par les milieux aquatiques et terrestres, une multitude d'organismes vivants se développent et peuplent ces environnements. C'est toute cette variété de vie qui compose la biodiversité.

Le terme est apparu en 1980 et officialisé lors du sommet de la Terre organisé à Rio de Janeiro au Brésil en 1992. D'autre part, la Convention sur la diversité biologique est un traité international qui définit la biodiversité comme étant la « variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie ; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes. » (CBD, 1992).

Présente tout autour de nous, la biodiversité se rassemble là où la vie existe. Par nature, un milieu riche en biodiversité ou qui lui est favorable est un environnement qui abrite une multitude d'organismes vivants. Il se caractérise par la présence de nombreuses espèces qui le peuplent, mais aussi par leur interaction avec leur environnement.

Toutefois, d'autres éléments sont également à considérer pour bien saisir le concept de biodiversité. Il est important de ne pas uniquement prêter attention à ce qui est visible à

l'œil nu, mais aussi à ce qui est invisible (Larrère, 2010). En effet, la biodiversité englobe la diversité des espèces animales, végétales, fongiques, mais aussi ce qui est bien plus petit : les microbes, les bactéries, etc.

Pour mieux appréhender cette réalité, les scientifiques distinguent trois niveaux d'organisation. On discerne ainsi la diversité spécifique, écosystémique et génétique (Badgley, 2003).

Le premier, la diversité spécifique, est celle qui nous est la plus familière puisqu'elle est souvent associée aux grands mammifères terrestres. Le logo de l'association World Wild Life (WWF) en est une illustration pertinente puisqu'il s'agit d'un panda, qui est un symbole connu de tous (World Wild Life, 2024). Il fait référence au nombre d'espèces présentes dans un milieu donné en tenant compte de la diversité de ces espèces, de leur nombre d'individus ainsi que des interactions qu'elles entretiennent entre elles (prédation, symbiose, coopération, etc.).

Le deuxième, la diversité écosystémique, s'intéresse aux interactions entre les organismes vivants et leur environnement naturel. Ce niveau d'organisation de la biodiversité se concentre sur les relations complexes entre les espèces, les cycles naturels et les processus environnementaux, contribuant ainsi à maintenir l'équilibre et la durabilité de leur environnement. On parle alors d'écosystème. Ils englobent une variété de paysages, d'habitats et de niches écologiques, qui possèdent chacun leurs propres caractéristiques biologiques et abiotiques (Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires, 2023).

Le troisième est la diversité génétique. Elle analyse les différences entre individus appartenant à la même espèce à partir de leur matériel génétique, soit leurs gènes. Invisible à l'œil nu, elle est pourtant essentielle pour permettre l'évolution, mais aussi l'adaptation des espèces à leur environnement.

D'autre part, cette diversité d'espèces et d'interactions est vitale à l'humanité. Elle permet à l'Homme de survivre, en plus d'avoir un impact direct sur son bien-être et son développement. Sans forcément en avoir conscience, la biodiversité rend plusieurs services inestimables et demeure nécessaire pour plusieurs raisons. Elle comble les besoins vitaux de l'être humain en lui permettant de s'alimenter grâce aux nombreuses espèces végétales et animales présentes, de respirer en produisant de l'oxygène (phénomène de la photosynthèse) ou encore d'avoir accès à de l'eau potable (Rawat, Agarwal, 2015). Elle est également présente dans de nombreux aspects de la vie quotidienne en fournissant de nombreuses matières premières utilisées pour la construction, l'alimentation, la fabrication de vêtements, la production de médicaments et d'autres produits naturels indispensables à notre mode de vie.

Néanmoins, cette dépendance à la biodiversité, qui se traduit par une intensification de l'exploitation des ressources naturelles, couplée à une rapide augmentation de la population humaine, n'est pas sans conséquences pour l'environnement. De nombreuses répercussions ont lieu et continuent de se produire au point d'avoir désormais un impact à l'échelle mondiale comme l'extinction d'espèces, ou plus imprévisibles, les

changements climatiques (Loreau, 2009). Sa conservation, mais surtout sa protection, représentent donc des enjeux de société plus que jamais d'actualité pour garantir un avenir durable pour l'humanité.

2.1.2 Menaces pour la biodiversité : la problématique des espèces envahissantes exotiques

Préserver la biodiversité signifie d'abord comprendre et reconnaître l'importance des bienfaits qu'elle nous procure. Depuis le sommet de Rio en 1982, plusieurs actions concrètes et initiatives ont été entreprises par la communauté internationale pour tenter non seulement de la valoriser, mais également pour protéger les milieux naturels et les espèces qui les peuplent. Un des derniers exemples en date est la Conférence de l'ONU (Organisation des Nations Unies) sur la biodiversité à Montréal en 2022, qui a réuni plus de 196 pays autour de la thématique de la préservation de la nature afin de freiner la perte de la biodiversité (Gouvernement du Canada, 2024).

Cependant, malgré ces initiatives, la biodiversité est menacée et ne cesse de décliner. Selon le rapport d'évaluation mondial le plus récent de la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (ONU, 2023), cinq principaux facteurs en sont la cause. Il s'agit : des changements climatiques, de la pollution, de l'exploitation intensive des ressources naturelles, du changement de l'occupation des terres et des mers et enfin des espèces invasives. Différents par leur nature, ils possèdent néanmoins un point en commun qui est qu'ils sont tous induits par l'action de l'Homme.

Dans le cadre de notre essai, l'impact de l'introduction d'espèces invasives, appelées également espèces exotiques envahissantes (EEE), nous concerne particulièrement puisque c'est une des composantes prises en compte lors de l'inventaire de la végétation. Le Ministère de l'environnement du Québec (MECCFP) définit une espèce invasive comme étant « un végétal, un animal ou un micro-organisme (virus, bactérie ou champignon) introduit hors de son aire de répartition naturelle, qui colonise de nouveaux sites ou de nouvelles régions à un rythme rapide et qui peut former des populations dominantes. » (MECCFP, 2024).

Les EEE sont introduites de plusieurs manières dans leur nouvel environnement. Cela peut être de cause naturelle, ou résulter d'actions anthropiques, causées intentionnellement ou non par l'être humain. Environnement Canada estime que les principaux moyens d'introduction au Canada résultent du transport de marchandises (par voies terrestres ou maritimes) et de la navigation maritime (rejet des eaux de ballast et présence d'espèces sur la coque des navires) (Environnement Canada, 2017).

Tant au Québec que dans le reste du monde, l'introduction d'EEE hors de son aire de répartition naturelle peut avoir de nombreuses répercussions.

Elles peuvent représenter une menace pour les espèces indigènes en compétitionnant avec elles pour l'accès à la nourriture ou à d'autres ressources, développant ainsi une relation de prédation. Également, une autre conséquence à leur présence est une modification des habitats naturels. Cela peut être le cas de végétaux qui vont progressivement se propager pour prendre une part de plus en plus importante dans la composition végétale de l'environnement, ou certaines espèces animales qui vont se nourrir d'espèces locales, réduisant ainsi leurs populations et modifiant les dynamiques écologiques. Dans le pire des cas, cela peut mener à l'éradication des espèces indigènes, remplacées par ces nouvelles espèces (MECCFP, 2023).

En plus d'impacter la biodiversité, les EEE ont des impacts non négligeables sur les plans économiques et sociaux en raison des dommages qu'elles peuvent causer aux écosystèmes et aux activités humaines en général. Elles ont des répercussions économiques sur des secteurs précis tels que la foresterie ou l'agriculture, par exemple. Dans le cas d'activités liées à l'exploitation forestière, ces dernières peuvent être menacées par des insectes ravageurs ou des maladies introduites par des espèces invasives ravagées. De la même manière, les cultures agricoles peuvent être menacées par des espèces invasives qui peuvent endommager les cultures, entraînant ainsi des pertes économiques pour les agriculteurs et les industries agroalimentaires (Martin, 2014).

Au niveau social, les conséquences des EEE peuvent détériorer les conditions de vie des communautés locales dépendantes des ressources naturelles et aller jusqu'à présenter un danger pour la santé humaine en augmentant le risque de propagation de maladies et en favorisant l'émergence de nouvelles épidémies dans des zones qui jusqu'à maintenant n'y étaient pas soumises (IPBES, 2023).

Leur surveillance et leur gestion demeurent donc une priorité pour la protection de la biodiversité, notamment en milieu urbain où elles sont susceptibles de se développer.

2.1.3 La biodiversité en milieu urbain

La biodiversité en milieu urbain fait référence à la diversité des espèces vivantes qui sont présentes dans les établissements humains telles que les villes et les zones métropolitaines, ainsi qu'autour de celles-ci (Müller, Werner et al, 2010).

Influencée dans un premier temps par leur taille et leur organisation, c'est véritablement l'action humaine, à travers la diversité d'éléments qui composent le paysage urbain (situés à l'intérieur et en périphérie des villes), qui sera décisive pour le développement de la biodiversité et sa pérennisation. Parmi les multitudes d'usages du territoire, nous pouvons citer comme exemple la présence des zones résidentielles, des zones industrielles, de routes, de stationnements, de parcs urbains, de voies ferrées, de terrains laissés à l'abandon, etc. Également, les zones situées en périphérie des villes telles que les zones agricoles et forestières contribuent grandement à la diversité biologique, en permettant un échange de population entre le milieu urbain et le milieu « sauvage » (Boucher, Fontaine, 2010).

Dans l'imaginaire populaire, les milieux urbains sont souvent dépeints comme des milieux austères pour la biodiversité en raison de l'absence de milieux naturels et de l'impact des activités humaines. Pourtant, contrairement à cette idée préconçue, les villes abritent une diversité insoupçonnée d'espèces végétales, animales et microbiennes (Miller, Hobbs, 2002) qui peut s'observer dans de nombreux endroits tels que les parcs urbains, les rivières, les toits des bâtiments, ou encore le long des routes.

Ces espèces se sont progressivement adaptées à ces nouveaux environnements urbains bien différents de leurs milieux naturels d'origine, où elles ont évolué pour développer de nouvelles adaptations et manières de vivre. Par exemple, certaines espèces d'oiseaux ont appris à utiliser le mobilier urbain pour construire leurs nids tandis que d'autres espèces d'oiseaux migrateurs vont profiter des parcs et des points d'eau présents dans les villes et les utiliser comme espaces de repos dans leur périple (Mahler, Magne, 2010).

Cependant, cette intensification de l'urbanisation, couplée à une extension constante de l'étalement urbain, n'est pas sans conséquence sur le plan écologique et sur la biodiversité présente. La destruction des milieux naturels, l'imperméabilisation des sols, la disparition des terres agricoles ainsi que la pollution de l'environnement générée par les activités humaines (émissions polluantes, rejets industriels, pollution sonore et lumineuse, etc.) ont des impacts particulièrement dévastateurs sur les espèces et la qualité des milieux naturels (Charlot, 2014).

L'aménagement du territoire urbain apporte également son lot d'impacts négatifs. En effet, les villes sont pensées de manière à être organisées et aménagées dans une volonté d'être plus agréables, mais aussi de manière à répondre aux besoins de la population, ce qui se fait bien souvent au détriment de la biodiversité. Ainsi, le morcèlement, la fragmentation ou encore la perforation du territoire sont des exemples de pratiques d'aménagements du territoire qui contribuent à fragiliser les communautés d'espèces en modifiant de manière irrévocable leur cadre de vie en plus de limiter leur mobilité et leur interaction avec leur environnement naturel (Boucher, Fontaine, 2010).

Ultimement, toutes ces interventions humaines modifient profondément la composition et la dynamique des espèces vivantes qui peuplent les milieux urbains. Il en résulte plusieurs conséquences. Certaines espèces voient leur population augmenter tandis que d'autres observent un déclin important de leur nombre. Dans le pire des cas, certaines disparaissent complètement ou bien sont remplacées par des EEE, originaires d'un autre milieu. (Doherty et al, 2016).

Toutefois, malgré le fait que la biodiversité en milieu urbain soit confrontée à de nombreux défis, des initiatives pour l'intégrer et l'inclure dans l'aménagement des milieux urbains existent. Cela passe par un meilleur encadrement des milieux naturels, mais aussi par des solutions d'aménagement concrètes. Nous pouvons citer l'exemple des corridors écologiques qui permettent aux espèces animales de rejoindre différents espaces naturels souvent séparés par l'Homme, ou encore d'autre initiative favorisant la

biodiversité telle que l'utilisation de diverses variétés de fleurs dans les parcs pour diversifier les espèces d'insectes pollinisateurs et oiseaux présents. (Shwartz et al, 2014).

2.2 Les SIG en milieu urbain

2.2.1 Les SIG en général

Apparus dans la seconde moitié du XXe siècle, les Systèmes d'Information Géographiques (SIG) n'ont cessé de changer et d'évoluer pour prendre la forme que nous leur connaissons actuellement ; celle de logiciel libre ou payant permettant d'exploiter différents types de données géospatiales, dans le but d'apporter des réponses aux différents enjeux que pose la spatialité. En effet, jamais les enjeux spatiaux n'ont revêtu une importance aussi majeure qu'à l'heure actuelle dans le développement de nos sociétés. Puissants outils d'analyse et de décision, ils jouent un rôle crucial dans de nombreux domaines comme la gestion des ressources naturelles, l'écologie, l'économie, le développement urbain ou encore la santé (Pilesjö, 2009).

Dès lors, comment définir un SIG ? Il s'agit d'un système informatique de traitement de données conçu pour permettre l'incorporation et l'analyse d'informations de nature géographique (Denègre et Salgé, 2004). En exploitant le caractère géospatial de ces données, les SIG permettent un partage simplifié de l'information à l'aide du langage de la cartographie, où les cartes deviennent un outil de communication clair, qui favorise une représentation visuelle lisible et efficace de l'information géographique.

Il existe deux grandes catégories de données géospatiales : les données vectorielles (lignes, points ou polygones) et les données matricielles (grilles régulières composées de plusieurs cellules possédant chacune une valeur) (Langlois, 2022). Leur lecture au moyen d'un SIG permet une représentation des objets dans l'espace, en les associant à leurs latitude et longitude dans un système de projection de coordonnées défini.

Fondamentalement, un SIG répond à cinq fonctions principales :

- acquisition de la donnée : à partir de différents appareils tels que les GPS, les drones ou encore les satellites, un SIG va permettre à son utilisateur de saisir et d'enregistrer différents types de données géospatiales.
- abstraction de la donnée : le but de l'abstraction consiste à simplifier et à généraliser les données pour faciliter leur compréhension. Cela permet de configurer le SIG afin qu'il puisse traiter efficacement les données complexes et fournir des analyses claires et pertinentes (Denègre et Salgé, 2004).
- archivage : une fois la donnée collectée, cette dernière va être archivée dans des bases de données et organisée selon plusieurs critères. Par exemple, selon sa localisation, ses attributs, son type de données, etc. Elle est stockée sous

- différents formats et formes tels que des systèmes de base de données spatiales, des services web ou encore sous forme de fichier de type vectoriel ou raster.
- affichage de la donnée : les SIG offrent de nombreux moyens pour l’affichage géospatial comme des simples cartes, des cartographies interactives, des tableaux de bord ou encore des applications. Ces supports sont cruciaux pour la communication des résultats aux utilisateurs.
 - analyse de la donnée : l’analyse des données est une fonction clef des SIG. Ils permettent d’analyser données géospatiales en rendant possible leur visualisation. Ces dernières peuvent être de différentes natures et sont une aide précieuse à la prise de décision dans de nombreuses situations (catastrophe naturelle, optimisation du transport, cartographie et bien d’autres) (Ershad,2020).

2.2.2 Collecte d’information sur le terrain avec un SIG

Saisir de l’information à caractère géographique sur le terrain est une pratique courante dans de nombreux domaines, tels que l’urbanisme, la gestion des ressources naturelles, l’inspection de bâtiments et bien d’autres.

Les SIG permettent de collecter des données géographiques sur le terrain de plusieurs manières. Utilisés depuis longtemps, les appareils portables de type GPS (Global Positioning System) destinés à un usage récréotouristique ont été progressivement remplacés par l’utilisation de tablettes et de téléphones intelligents. Ces derniers munis de receveur GPS qui permettent une géolocalisation par satellite ont considérablement facilité la collecte de données géospatiales, en plus de permettre la saisie d’autres types d’informations différentes du point créé. (Nowak, Dziób et al, 2020).

Il existe plusieurs moyens de collecter des données géographiques sur le terrain à l’aide des différentes plateformes : téléphone intelligent, tablette, GPS, etc. La collecte peut être réalisée de différentes façons selon les ressources disponibles et les besoins spécifiques du projet.

La première étape du développement d’un système d’inventaire est le choix du logiciel utilisé. S’agira-t-il d’un logiciel dit *open source* ou bien d’une solution propriétaire ? Chacun a ses avantages et ses défauts.

Un logiciel *open source* est un logiciel par définition gratuit, librement accessible, modifiable et où il est possible d’accéder au code source (OSI, 2024). Son utilisation peut être de nature commerciale ou non commerciale et il est possible d’adapter le logiciel selon les besoins spécifiques des utilisateurs en modifiant le code source. De plus, ces logiciels bénéficient bien souvent d’une communauté active de développeurs et d’utilisateurs, ce qui favorise l’innovation ainsi que la résolution rapide des problèmes.

Un des SIG *open source* les plus connu est le logiciel QGIS.

A l’inverse, un logiciel propriétaire nécessite une licence d’utilisation pour pouvoir être utilisé. Son code source n’est pas rendu public et il n’est généralement pas possible de le modifier pour l’adapter à ses besoins. En revanche, il offre certains avantages à ses

utilisateurs tels qu'un service de support et de maintenance ainsi qu'une sécurité d'utilisation accrue (Office québécois de la langue française, 2020).

Que l'on choisisse une solution *open source* ou propriétaire, la logique derrière le système de collecte d'informations géospatiales reste la même. L'utilisateur crée un point géographique, remplit le formulaire qui lui est associé avec les informations demandées, puis le soumet pour enregistrement dans le SIG. Toutefois, il est important de préciser que plusieurs étapes doivent être réalisées en préparation de la collecte de données.

Dans le cadre d'un cours universitaire sur l'utilisation des SIG et de l'apprentissage actif, la professeure Kalyn M. Rossiter (Rossiter, 2022) explique la procédure de collecte de données géospatiales à partir de formulaires en utilisant un SIG web (ici ArcGIS Field Map). Bien que cela soit utilisé dans notre exemple pour l'éducation, la procédure de configuration reste la même, peu importe le domaine d'activité.

La première étape est de déterminer les données qui vont être collectées, leurs types (vectorielle, matricielle, linéaire) ainsi que le format de leurs attributs (texte, *float* [nombre avec décimales], *short* [entier court], *long* [entier long], date, etc.). Ensuite, il s'agit de créer les formulaires qui vont abriter les informations collectées. Il peut s'agir de listes déroulantes, de cases à cocher, de boutons « oui » ou « non » ou encore de réponses préenregistrées ou prédéfinies appelées « domaine » (Rossiter, 2022).

Il ne reste plus qu'à collecter les données sur le terrain, et à les enregistrer dans une géodatabase (GDB), qui se définit comme étant « un ensemble structuré de fichiers permettant de stocker et d'accéder aisément à des données » (Jaramillo, 2021). Elle est construite et organisée selon les besoins du projet et les informations que l'on souhaite obtenir.

Nous pouvons évoquer plusieurs exemples d'études de cas dans divers domaines qui ont opté pour cette méthode de collecte de données géospatiales dans le cadre de leurs travaux de recherches.

2.2.3 Cas d'étude : exemple d'application de collecte de données géospatiales

La collecte de données géospatiales peut être réalisée de diverses manières, selon les exigences spécifiques du projet, le type de données géospatiales et le mandat en question, comme les enquêtes, la gestion d'actifs ou la cartographie participative par exemple.

Le tableau suivant vise à proposer plusieurs exemples non exhaustifs où il a été nécessaire de collecter des données géospatiales à l'aide de différentes solutions et applications.

Tableau 1 : Exemples d'applications de collecte de données géospatiales

Titre de l'article	Type de solution	Outil utilisé pour la collecte de données	Type de géométrie de l'étude	Descriptif de la donnée	Auteur
<i>Application of the Field-Map software and hardware complex for creating GIS of urban green spaces and Botanical gardens collections</i>	Propriétaire	ArcGIS Field Map	Surfacique et Vectorielle	Position d'arbres, de mobilier urbain et des limites des sites d'aménagement paysagers	Repetskaya et al, 2020.
<i>ArcGIS Survey123: A Case Study Using Spatial Technology to Examine Food Access</i>	Propriétaire	ArcGIS Survey 123	Vectorielle	Position des endroits où procurer de la nourriture	Felke, 2024.
<i>Mobile Technology in Mine Action: The Fulcrum Application</i>	Propriétaire	Fulcrum	Vectorielle	Position de mine antipersonnelle	Torbet et Wallen, 2016.
<i>Mapping of sustainable tourism in Romanian cities in the field - the synergy of using QField and QGIS in situ</i>	Open source	Qfield	Vectorielle	Position des sites touristiques intéressants	Chrastina et al, 2019.
<i>Development of a Mobile-based Geographical Information System for Managing Boreholes in Chilenje and Chalala Townships</i>	Open source	Geo-ODK	Vectorielle	Position des forages	Kalumbilo et Chilufya, 2019.
<i>Using citizen science to inform urban canid management</i>	Open source	Application et plateforme web Inaturalist	Vectorielle	Utilisation de données géospatiales enregistrées sur la plateforme web Inaturalist afin d'aider à la gestion des canidés en milieu urbain	Allen et al, 2019.

3. Matériel et méthode

3.1 Site d'étude

Dans le cadre de notre essai, aucun site d'étude spécifique n'est défini en particulier. En effet, le but du projet est de concevoir un outil de collecte de données géospatiales liées à la végétation des grands parcs de la ville de Montréal ; l'objectif étant qu'il puisse être utilisé sans restriction quant à l'emplacement spécifique à étudier.

Localisée au Canada, Montréal est la plus grande ville de la province de Québec. C'est une île située au confluent du fleuve Saint-Laurent et de la rivière des Outaouais. D'après le dernier recensement de Statistique Canada, sa population était de 1 762 949 habitants en 2021, ce qui en fait la deuxième ville la plus peuplée au Canada après Toronto.

Métropole économique et culturelle, Montréal se distingue par la présence de nombreux milieux naturels à grande valeur écologique, de nombreux espaces verts ainsi que de nombreux parcs urbains répartis sur son territoire. La Ville accorde une grande importance à la préservation et à la mise en valeur de ces derniers à travers diverses initiatives, soulignant ainsi sa volonté d'intensifier ses efforts pour accélérer la transition écologique de son territoire. Le document public « Montréal 2030 | Le Plan nature et sports » pose les bases de sa stratégie pour lutter contre les changements climatiques et de conservation de ses milieux naturels pour l'horizon 2030. Nous pouvons citer quelques exemples ambitieux de projets qui visent à atteindre ces objectifs, comme le développement du Grand Parc de l'Ouest, la plantation de plus de 500 000 nouveaux arbres, la restauration des écosystème dégradés ou encore la protection de plus de 10% de la superficie terrestre du territoire de l'île de Montréal (Montréal, 2022).

Au total, Montréal compte 1495 parcs, répartis en plusieurs catégories (grand parc, parc d'arrondissement, espace vert) (Données ouvertes, Montréal, 2024). Dans le cadre de notre projet, seuls les grands parcs gérés par le SGPMRS seront étudiés (Figure 1).

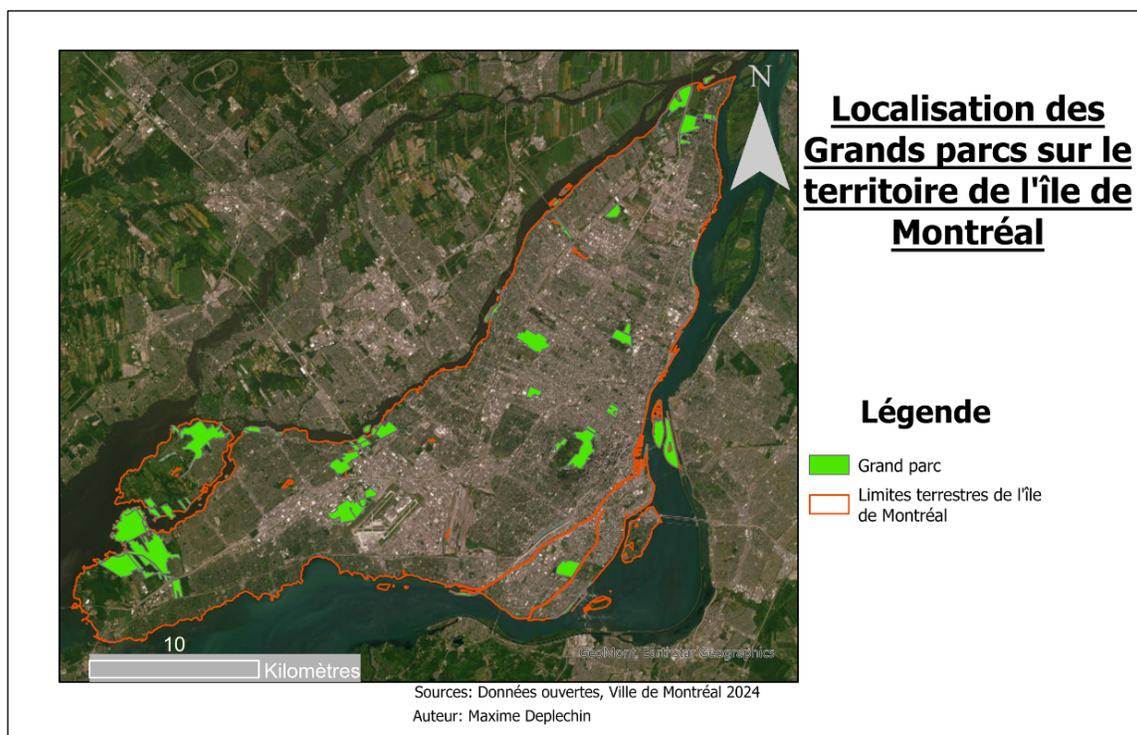


Figure 1 : Carte des Grands parcs

3.2 Données

Afin de pouvoir établir une prise de décision efficace et conforme aux orientations et aux enjeux environnementaux de la ville de Montréal, ainsi qu'à la législation du MECCFP, les personnes travaillant au SGPMRS ont besoin d'accéder à des données précises pour établir leurs priorités et orienter leurs actions. Dans le cadre de ce projet, qui vise à créer un outil de collecte de données pour la végétation, il est essentiel que ces données puissent être archivées, mais aussi exploitées par la suite.

Pour ce faire, de multiples échanges et réunions ont été organisés avec le SGPMRS afin de déterminer les informations que l'outil devra permettre de recueillir, mais aussi la vision de la ville par rapport à la construction de l'outil. Ainsi, il a été déterminé qu'il permettra de collecter des données de types textuel et numérique, d'automatiser des calculs, de prendre des photos, et d'enregistrer des positions géographiques. De plus, les membres du SGPMRS ont partagé plusieurs documents détaillant les données importantes à collecter et expliqué la vision du projet.

Le principal document de travail pour la création de l'outil était un chiffrier réalisé avec le logiciel Excel et partagé par la Ville de Montréal. Celui-ci contenait plusieurs informations utiles telles que le nom de l'information à collecter, une courte description de celle-ci, le nom du champ associé qui devrait apparaître dans la géodatabase, le format du champ

ainsi qu'une liste de choix de réponses que l'outil devra être capable de proposer à l'utilisateur, si applicable.

Au terme de toutes ces rencontres, il a été décidé que l'outil consignera différentes données géospatiales réparties dans trois grandes catégories thématiques : les stations d'échantillonnage, les espèces exotiques envahissantes et les espèces à statut. Pour certaines de ces catégories, les données géospatiales collectées peuvent avoir plusieurs géométries de type surfacique ou ponctuelle (Tableau 2).

Tableau 2 : Type des données géospatiales

Catégorie de données	Type de géométrie des données	
Espèces exotiques envahissantes	Ponctuelle	Surfacique
Espèces à statut	Ponctuelle	Surfacique
Unité de végétation	-	Surfacique
Station d'échantillonnage	Ponctuelle	-

Toutefois, compte tenu de l'ampleur du projet et le court laps de temps alloué, il fut décidé de se concentrer sur la dernière catégorie de données qui était celle des « stations d'échantillonnage ». Les données collectées dans cette catégorie ont pour but de déterminer le type de milieu dans lequel se trouve la station d'échantillonnage (Annexe 1) : milieu terrestre, milieu composé de friches herbacées, ou encore milieu humide. Pour ce dernier, il est nécessaire de réaliser plusieurs calculs à partir des données collectées pour en déterminer son appartenance. Un des objectifs de l'outil est de permettre une automatisation de ces calculs pour pouvoir être capable de donner une réponse en temps réel à l'utilisateur. L'annexe 1 détaille la liste des différentes données que la géodatabase de l'outil devra collecter pour la catégorie « Station d'échantillonnage ».

D'autre part, les calculs sont expliqués dans le guide du MECCFP intitulé « Identification et délimitation des milieux humides du Québec Méridional », paru en décembre 2021 (Annexe 2).

3.3 Méthodologie

3.3.1 Choix des applications utilisées

La construction d'un outil de collecte de données géospatiales est une tâche d'envergure qui nécessite de prendre en compte tous les aspects du projet. Il doit être capable de répondre aux attentes du client en s'adaptant aux spécificités de celui-ci, tout en étant réalisable d'un point de vue technique. De manière générale, plusieurs paramètres sont à prendre en compte, notamment le budget alloué, la gestion des délais ou encore des contraintes de nature technique.

Pour notre projet, plusieurs contraintes ont dû être prises en compte qui sont l'environnement géomatique de la ville de Montréal et le degré de connaissance de l'étudiant.

Comme expliqué précédemment, deux sortes de logiciel existent. Les logiciels *open source* et les logiciels qui nécessitent une licence payante pour pouvoir être utilisé. Dans le cadre de leur fonction, les services géomatiques du SGPMRS utilisent principalement les logiciels ArcGIS Pro et ArcGIS Online qui font partie de la suite d'application payante du fournisseur Esri. Il était donc logique de créer notre outil de collecte de données en utilisant la technologie de ce fournisseur.

Dans le cadre de notre projet, plusieurs applications de la suite Esri ont été utilisées. La partie suivante propose une brève description des applications utilisées, et/ou envisagées pour la réalisation du projet. Toutefois, cela ne signifie pas qu'elles ont toutes été conservées pour le résultat final.

ArcGIS Pro

Principal outil de la suite Esri, ArcGIS Pro est un puissant SIG présent sous forme d'application de bureau qui permet à ses utilisateurs de créer, de visualiser et d'analyser des cartes et des données géospatiales. Également, il permet le partage de ces données par l'intermédiaire des autres produits Esri. Point important et contraignant, il est uniquement disponible pour le système d'exploitation Windows (Esri, 2024f).

ArcGIS Online

Plateforme de cartographie en ligne hébergée par Esri, ArcGIS Online offre plusieurs fonctionnalités pour créer, mettre à jour et collaborer autour de cartes et de données géospatiales à partir d'un navigateur internet. Elle simplifie le partage et la diffusion de ces données au travers d'applications géospatiales sur le web ou par l'intermédiaire d'autres produits de la suite Esri (Esri, 2024e).

ArcGIS Field Map

Il s'agit d'une application mobile de collecte de données conçue pour les équipes qui travaillent sur le terrain. Elle permet la collecte de données géospatiales, leurs mises à jour à l'aide de cartes interactives et de formulaires. Son intégration à l'environnement Esri, et plus particulièrement à ArcGIS Online, permet une consultation rapide des données, et cela en temps réel (Esri, 2024c).

ArcGIS Survey123

Comme ArcGIS Field Map, cette application permet la collecte de données sur le terrain. Disponible sur mobiles et tablettes, elle permet à ses utilisateurs de créer, de partager et de collecter des données par l'intermédiaire de formulaires. De plus, la collecte de données peut se faire en ligne ou hors ligne. Les données collectées peuvent ensuite être partagées via ArcGIS Online sous forme de carte web ou encore de tableau de bord intégrés à ArcGIS Online.

Dans le cadre de notre projet, nous avons utilisé une variante de Survey 123, qui est Survey123 Connect, afin d'avoir accès à des paramètres de personnalisation plus avancés qu'avec Survey123 (Esri, 2024g).

ArcGIS Experience Builder

Présentée sous forme d'application web, ArcGIS Experience Builder permet à ses utilisateurs de construire des applications web à l'aide de cartes ou de tableaux de bord, et de combiner d'autres widgets utiles pour communiquer de l'information. La particularité de cette application, ce qui en fait par ailleurs sa force, est de pouvoir être personnalisable en profondeur sans avoir à utiliser de langage de programmation. Par exemple, il est possible de configurer la taille de l'écran, d'inclure des données géographiques, mais aussi des images, des vidéos, entre autres (Esri, 2024b).

3.3.2 Explications et démarche de la mise en place du projet

Depuis le développement de l'idée de base du projet jusqu'à la mise en place d'un prototype fonctionnel de l'outil, les objectifs définis en collaboration avec la Ville de Montréal ont subi de nombreux changements et ajustements. En effet, plusieurs pistes de solution ont été envisagées tout au long de son processus d'élaboration. Cela s'est concrétisé par l'utilisation et la création de différents prototypes d'application (même si certains ont été abandonnés en cours de route), ainsi que par une remise en question de la manière de procéder, à plusieurs étapes du projet.

La partie suivante offre une rétrospective de ce processus, en décrivant l'évolution du cheminement parcouru du projet depuis l'idée de départ jusqu'aux réalisations concrètes. Les raisons et motivations qui justifient ces choix seront également abordées.

Le projet initial se divisait en trois étapes. La première consistait à établir une géodatabase qui servirait de fondement pour le développement de l'application de collecte de données à l'aide d'ArcGIS Pro. La deuxième, à créer une application de collecte de données à l'aide d'ArcGIS Online et de Field Map. Et enfin la dernière, à paramétrer différents tableaux de bord à l'aide d'ArcGIS Dashboard. Concernant les données à collecter, celles-ci se divisaient en plusieurs catégories de végétation : les espèces exotiques envahissantes, les espèces à statut, les stations d'échantillonnages et enfin les unités de végétation.

Après plusieurs rencontres et discussions, les objectifs initiaux furent revus à la baisse, et il fut finalement décidé de focaliser le développement de l'application uniquement sur les données de végétation concernant les « stations d'échantillonnage », et d'abandonner la dernière étape du projet, qui était la création des tableaux de bord. La figure 2 représente ce cheminement.

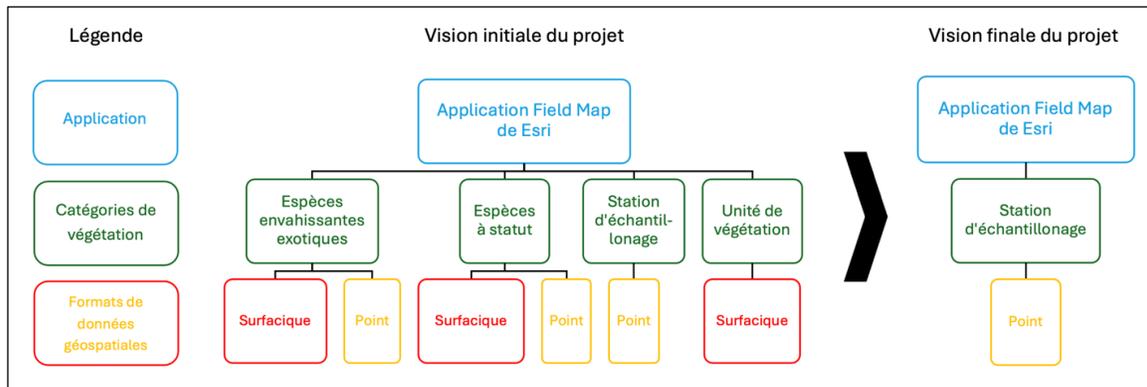


Figure 2 : Cheminement du développement de l'application

Les nombreux revirements survenus tout au long du projet s'expliquent par plusieurs raisons. Le travail s'est tout d'abord révélé plus complexe qu'envisagé, notamment du fait que la Ville de Montréal n'avait jamais entrepris le développement d'une application d'une telle envergure à partir de l'environnement Esri. Bien que stimulante et offrant un certain degré de liberté pour sa conception, cette absence de précédent a considérablement ralenti le développement de l'outil, car il était nécessaire de faire régulièrement de nombreuses recherches afin de se documenter sur le sujet, et de procéder à des ajustements. Cela a eu pour conséquence de rendre plus difficile d'anticiper les besoins du projet.

D'autre part, l'utilisation de l'application Field Map a également été l'objet d'un problème majeur en raison des limitations techniques de cette dernière. En effet, il est apparu que l'application, initialement envisagée comme suffisante pour le développement de l'outil de collecte de données, n'était pas capable de répondre à toutes les exigences de la Ville. Le fonctionnement de l'application est simple. Un point géographique est créé, et à partir de celui-ci, les différentes questions du formulaire (au préalable configurées) sont accessibles et peuvent être adressées. Une fois cette étape validée, les informations sont exportées dans le portail ArcGIS Online de l'utilisateur sous forme de couches.

Parmi les données que l'outil doit permettre de collecter, l'un des besoins impératifs de la Ville était d'être capable d'enregistrer plusieurs réponses pour une même question du formulaire, pour un même point géographique. Autrement dit, un champ devait être capable à lui seul d'accueillir plusieurs réponses. Par exemple, dans une des questions du formulaire, il était nécessaire de répertorier toute la végétation de type « arborescente » présente à un point donné. Or, l'application Field Map n'autorisait pas la saisie de plusieurs réponses pour la question. Il n'était possible d'inscrire qu'une seule et unique réponse, ce qui n'était pas compatible avec les besoins de la Ville de Montréal.

Pour résoudre ce problème, plusieurs actions ont été entreprises. Des tests ont été réalisés pour trouver un moyen de paramétrer l'application Field Map, mais également dans ArcGIS Pro où la géodatabase servant de base au formulaire de Field Map était créée. Malgré ces tentatives et une recherche approfondie, il fut impossible de trouver une

solution permettant d'intégrer une option qui permette l'ajout d'une seconde réponse (ou valeur) au sein d'un même champ. Incidemment, les données qui requéraient plusieurs réponses étaient nécessaires à la réalisation des calculs nécessaires à la détermination des potentiels milieux humides.

Face à cette impasse, l'entièreté du projet dut être repensée et une nouvelle approche fut envisagée. Jusqu'à présent, il était question de se limiter exclusivement à l'utilisation de l'application Field Map. La nouvelle approche consistait dorénavant à envisager l'utilisation d'une autre application de l'environnement Esri, en complément de Field Map, pour pallier les limitations techniques de cette dernière. Le choix s'est donc porté sur l'application Survey123.

En effet, contrairement à Field Map, l'application Survey123 permet à son utilisateur d'avoir la possibilité de saisir plusieurs réponses à l'intérieur d'un même champ. Cela est apparu comme une solution fiable et viable, d'autant plus qu'il était possible de réunir les informations de ces deux applications dans une même carte au sein d'ArcGIS Online.

Toutefois, il est à préciser qu'une variante de l'application Survey123 classique a été utilisée qui est Survey123 Connect. Cette dernière possède les mêmes fonctionnalités que la version classique, mais offre une plus grande latitude de personnalisation. Pour autant, au lieu de créer et de paramétrer l'application à partir de son portail personnel dans ArcGIS Online, il est nécessaire de télécharger l'application à partir du site officiel d'Esri (Esri, 2024h). La configuration se fait ensuite à partir d'un formulaire Excel (.xls) en utilisant le langage d'ArcGIS Arcade. L'idée de base était d'utiliser cette nouvelle application pour collecter les informations des champs qui nécessitaient plusieurs réponses, mais aussi pour réaliser les calculs automatiques pour déterminer les milieux humides.

Non sans être capable de réaliser tous les objectifs, l'utilisation de l'application de Survey123 Connect était pourtant pertinente sur de nombreux points. La problématique de la saisie de plusieurs réponses pour une même question et de l'automatisation des calculs étaient rendues possibles. Toutefois, bien qu'étant intéressante et pouvant potentiellement servir de solution finale, il a été décidé d'explorer une troisième option. En effet, l'utilisation de l'application Survey123 nécessitait une licence ArcGIS à l'utilisateur de l'application, ce que la Ville souhaitait éviter.

La nouvelle piste de solution envisagée consistait à trouver un moyen de mettre à jour la couche de données créée à partir de l'application Field Map à partir d'un navigateur web, sans avoir besoin de fournir à l'utilisateur une licence ArcGIS. L'idée était que, pour chaque point géographique créé pour les stations d'échantillonnage, qu'il soit possible d'y ajouter une option permettant d'entrer plusieurs informations pour un champ donné et d'y réaliser l'automatisation des calculs de milieux humides.

L'utilisation de l'application Experience Builder de l'environnement Esri a donc été envisagée et un prototype a été créé. Pour y parvenir, une table de données fut développée en parallèle de la couche initiale servant à l'application Field Map. Construite

dans une relation de type « *one to one* », le but de cette table était d'accueillir les données mises à jour à partir du navigateur web, dans Experience Builder.

Finalement, le résultat obtenu ne permit pas d'obtenir un outil définitif fonctionnel pour répondre aux besoins. Il fut possible d'importer la couche de données de l'application Field Map dans l'interface Web Experience, mais le processus de mise à jour des données ne fut pas satisfaisant et le développement du projet s'arrêta à cette étape par manque de temps.

Il est cependant envisagé une reprise du projet par les services géomatiques du SGPMRS.

3.3.3 Étapes méthodologique de création du projet

Comme expliqué précédemment, plusieurs idées ont été explorées au cours du développement de l'outil. Certaines ont abouti tandis que d'autres ont été simplement écartées.

Le développement de notre outil de collecte de données géomatiques pour la végétation suit les différentes étapes de la méthodologie représentée ci-dessous (Figure 3).

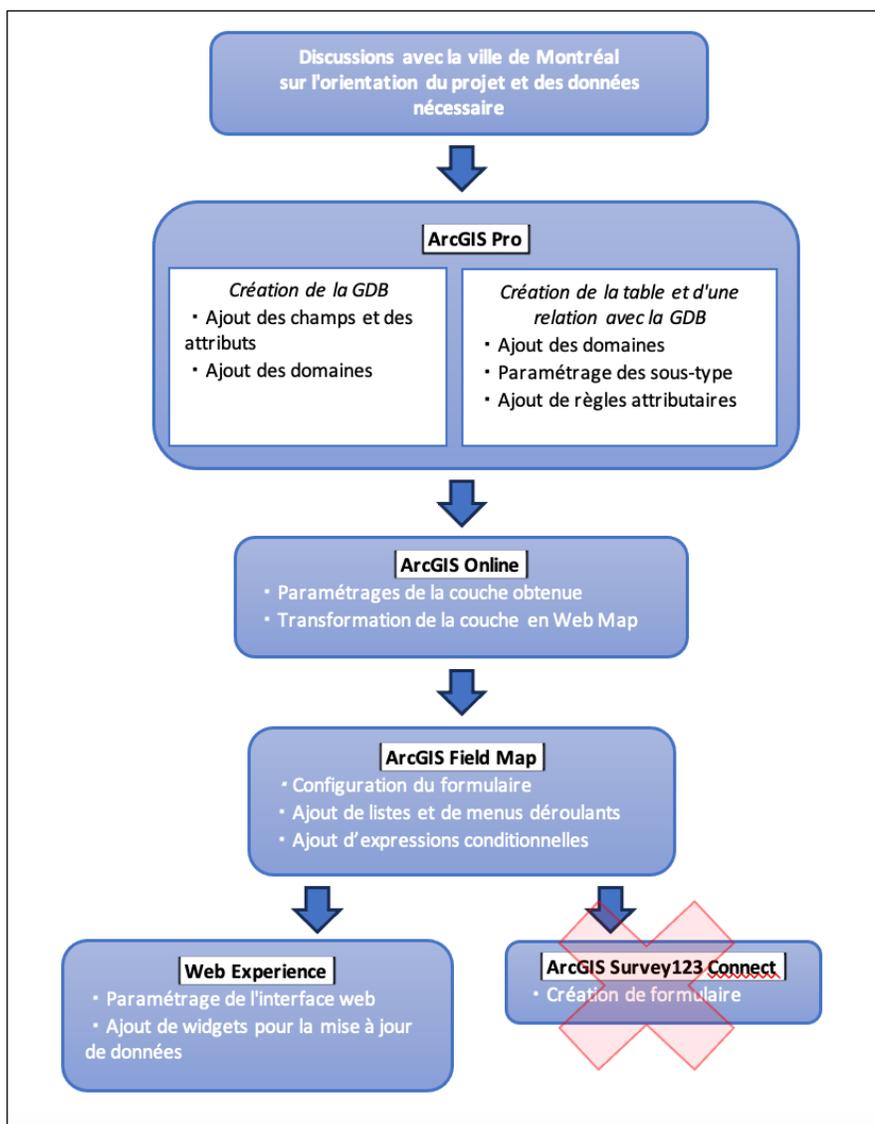


Figure 3: Schéma méthodologique

La première étape du projet, qui a aussi été l'une des plus ardues, fut de vérifier la compréhension de la nature des informations qui devront être collectées, afin de développer une application correspondant aux besoins des employés du SGPMRS. Il a donc été crucial d'organiser dans un premier temps plusieurs rencontres pour s'assurer que toutes les parties impliquées soient sur la même ligne directrice et aient conscience des objectifs à atteindre.

La deuxième étape du projet consistait à modéliser la base de données à partir du logiciel ArcGIS Pro. Deux grandes manipulations ont dû être réalisées.

La première était l'intégration des données fournies par la ville dans la géodatabase. Nous avons créé une classe d'entité de type « point », car la catégorie de végétation « point d'échantillonnage » est représentée par une géométrie vectorielle de type point (Esri.

2024d) puis intégré ces données dans la géodatabase. Ces dernières étaient de divers formats (« Text », « Float », ou encore « Short integer »).

D'autre part, certaines avaient une liste de choix de réponses qui leur était associée. Dans ArcGIS Pro, ces listes s'appellent des domaines. L'intérêt des domaines est de limiter les valeurs autorisées pour un champ spécifique dans la table attributaire, en proposant une liste de valeurs prédéfinies. Parmi celles-ci, il n'est possible de n'en saisir qu'une seule, le but étant de contrôler et de standardiser les réponses saisies à l'intérieur de la géodatabase.

La seconde manipulation était la création d'une table de données (*stand-alone table*) à l'intérieur de notre géodatabase. Cette table de données, dépourvue d'entité géographique, a pour but de palier le défaut de l'application Field Map qui ne permet pas de proposer plusieurs réponses pour un même champ. Son but est de recueillir les réponses entrées à travers l'application Web Experience. Elle est configurée à partir de domaines et de sous-types, de telle sorte que selon les réponses choisies dans un champ précis, les informations proposées dans les autres champs de la table se mettront à jour instantanément. Plusieurs règles (Annexe 5) écrites à partir du langage ArcGIS Arcade ont également été introduites dans la table pour automatiser divers calculs. Ainsi, l'utilisateur, en ne rentrant qu'une seule valeur numérique dans un champ précis, verra certains champs de la table se compléter d'eux-mêmes. Cela correspond aux calculs réalisés automatiquement à partir des règles attributaires.

Enfin, une relation de classe de type 1 : 1 a été établie entre les classes d'entité point et la table, dans le but de permettre une mise à jour des données sans avoir à modifier celles issues de la couche de Field Map (qui correspond à une classe d'entité de type point). La troisième étape consistait à exporter la géodatabase construite dans ArcGIS Online. Cette dernière a été dans un premier temps exportée sous forme de couche dans le portail d'ArcGIS Online, puis paramétrée. En effet, afin de pouvoir servir dans l'application Field Map, il était nécessaire d'instaurer certains réglages tels que « l'activation de la mise à jour », « la conservation du suivi des modifications », « le suivi des auteurs des modifications », ou encore « le type de modifications autorisées » (Figure 4). Ensuite, une carte web a été créée pour servir de base à l'élaboration des formulaires.

Généralités Feature layer (hébergé)

Annuler Enregistrer

Feature layer (hébergé)

Annuler Enregistrer

Mise à jour

- Activer la mise à jour
- Conserver un suivi des modifications des données (ajout, mise à jour et suppression d'entités).
[Gérer le journal des modifications](#)
- Conserver un suivi des auteurs des mises à jour des données (nom de l'éditeur, date et heure).
- Activer la synchronisation (requis pour le mode hors connexion et la collaboration).

• Qui peut modifier les entités ?
Partagez la couche avec des groupes de personnes spécifiques, avec l'organisation ou avec le public via le bouton Partager de l'onglet Vue d'ensemble. Cette couche est actuellement partagée avec : Organisation

• Quel est le type de mise à jour autorisé ?

- Ajouter
- Supprimer
- Mettre à jour
 - Attributs uniquement
 - Attributs et géométrie

Figure 4 : Paramétrage de la couche dans le portail d'ArcGIS Online

La quatrième étape consistait à configurer l'application Field Map. La configuration ne pouvait débuter sans la sélection de la Web Map dans l'application Field Map.

Chaque champ de la géodatabase correspond à une question du formulaire. Le système de configuration de formulaire dans l'application Field Map est relativement simple, il suffit de glisser-déposer le champ que l'on souhaite configurer. Plusieurs éléments de personnalisation sont présents. On peut les renommer, leur ajouter une description, les rassembler en différents groupes ainsi qu'y ajouter des éléments de formulaire (date, texte, nombre entier, bouton, liste déroulante, et bien d'autres).

La figure 5 donne un aperçu de notre formulaire dans l'application. Ainsi, dans cet exemple, nous avons renommé le champ « mh_context » par « Contexte du site » et l'avons placé dans le groupe appelé « Milieu humide potentiel ». D'autre part, on remarque un onglet intitulé « Modifier la liste ». Cela signifie qu'un domaine dans la géodatabase était associé au champ « mh_context ». La figure 6 représente la liste des valeurs qui composent le domaine.

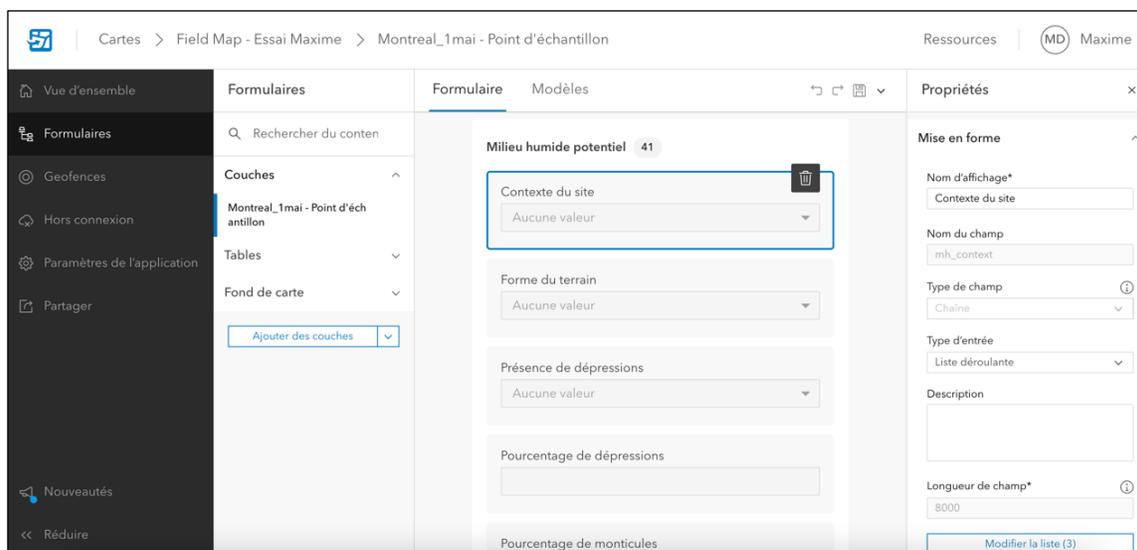


Figure 5 : Configuration de l'application Field Map

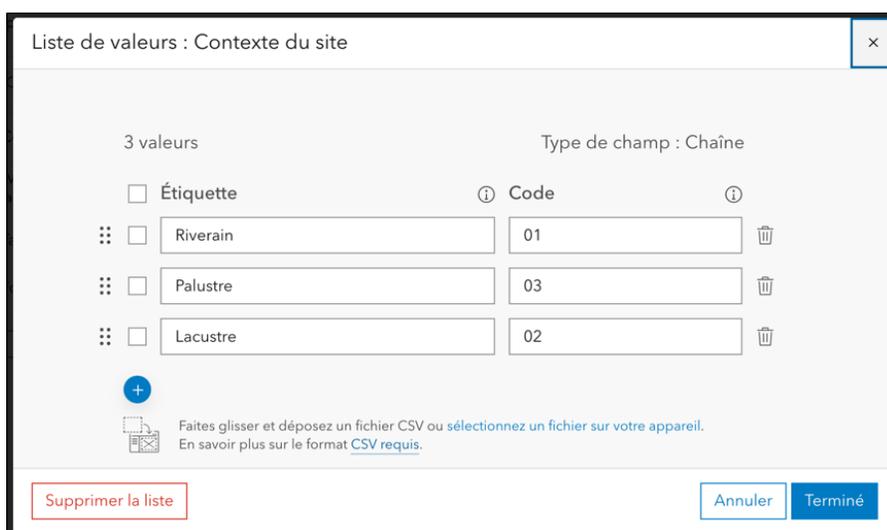


Figure 6 : Illustration des listes de valeurs

La dernière étape était la configuration de l'application Experience Builder. Pour cela, nous avons utilisé la même Web Map que celle qui a été utilisée pour Field Map. L'utilisation de Experience Builder repose sur l'utilisation de différents widgets, chacun possédant une fonctionnalité spécifique qui permet de réaliser une action à l'intérieur de l'application. Cette fois encore la construction de l'interface était relativement simple ; l'application proposant une liste de widgets paramétrables, il suffisait de faire un glisser-déposer pour les placer à l'endroit désiré (Esri, 2024i).

Dans le cadre de notre travail, plusieurs widgets ont donc été utilisés pour permettre la mise à jour des données. La figure 7 représente l'interface de configuration de notre

application. Il est possible de voir une partie de la liste des widgets sélectionnés (à gauche) ainsi que le menu de personnalisation du widget « Mettre à jour » (à droite), qui permet l'actualisation des données. D'autres widgets ont également été utilisés afin de permettre l'apparition de la carte, la visualisation des couches utilisées ainsi que les éléments de page (insertion de texte et d'image) et de mise en page (bouton, volet fixe, emplacements réservés, etc.).

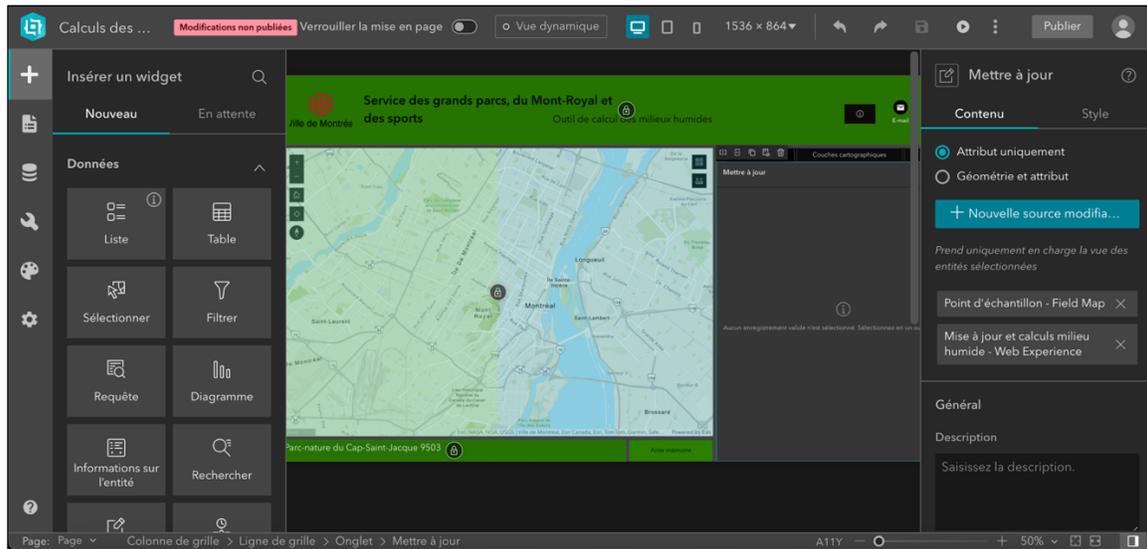


Figure 7 : Configuration de l'application Experience Builder

4. Résultats

4.1 Création du schéma conceptuel et logique

Le modèle conceptuel et logique permet de définir le schéma de la base de données, c'est-à-dire ce qui servira de support pour la modélisation de la géodatabase dans le logiciel d'ArcGIS Pro (Figure 8).

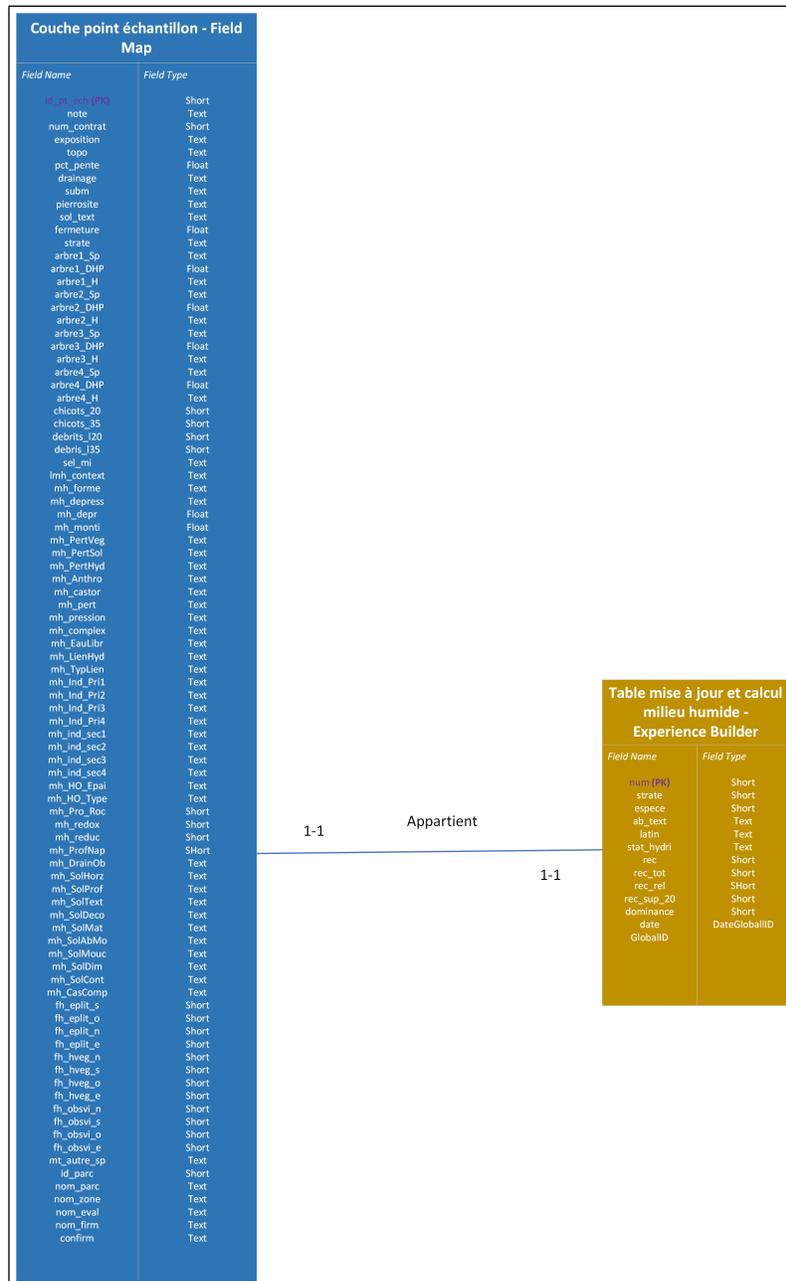


Figure 8 : Schéma logique

4.2 Géodatabase dans ArcGIS Pro

La géodatabase de notre projet se compose de deux entités : une couche vectorielle de type point « Pt_Echan » intitulée « Point d'échantillon – Field Map », et une table de données « Table_calcul_mh » intitulée « Mise à jour et calculs milieu humide – Web Experience ». Un aperçu global de notre géodatabase est présenté en annexe 4.

Afin d'associer les données de chacune de ces entités et les faire interagir, une classe de relation, de type simple avec une cardinalité 1 : 1, a été établie entre la couche vectorielle et la table (Figure 9).

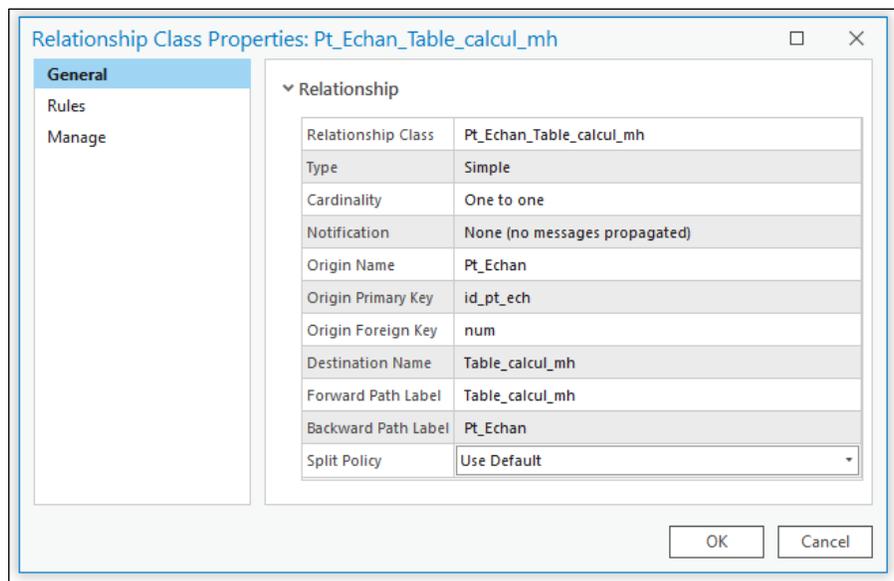


Figure 9 : Propriétés de la classe de relation

Afin de pouvoir faire apparaître des listes déroulantes et d'automatiser certaines actions dans les applications Field Map et Web Experience, plusieurs actions ont dû être réalisées lors de la configuration de notre géodatabase. Ainsi, des listes de domaines, la création de sous-types et plusieurs règles attributaires ont été utilisées dans notre couche et dans notre table. L'accès à ces outils se trouve dans ArcGIS Pro à partir du menu principal dans l'onglet « Field » (Figure 10).

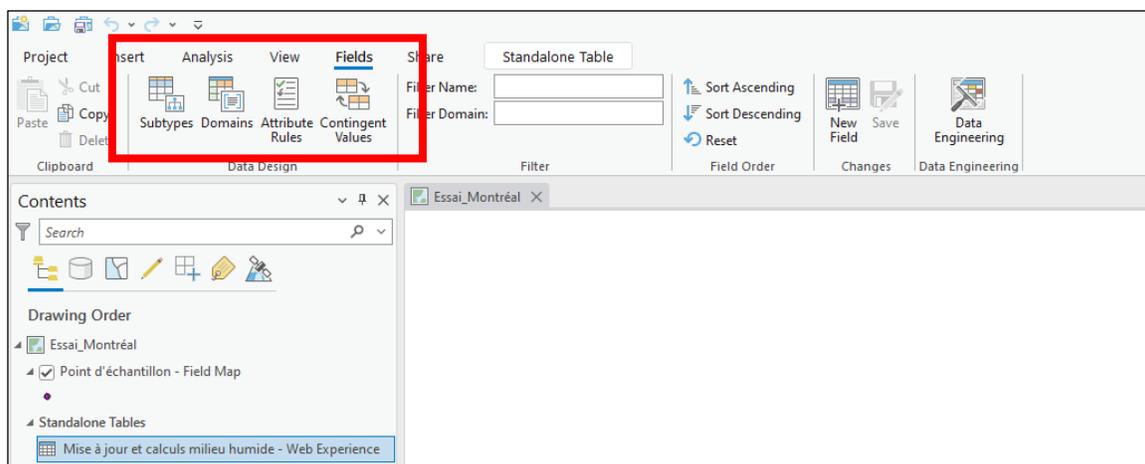


Figure 10 : Emplacement des outils dans ArcGIS Pro

L'annexe 3 représente le panneau de configuration des domaines que comporte notre géodatabase, tandis que l'annexe 4 est une capture d'écran de la table attributaire de la couche « Point d'échantillon - Field Map » rendant compte de l'association de ces domaines à leurs champs respectifs.

L'utilisation de sous-types et de règles attributaires a été utilisée principalement pour notre table « Mise à jour et calculs milieu humide – Web Experience ». Trois sous-types ont été créés : espèce arbustive, espèce arborescente et espèce non ligneuse. Ils se situent dans le champ « Strate dans laquelle se retrouve l'espèce » (Figure 10).

Le fait de sélectionner un champ permet de restreindre le choix de réponses proposées dans le champ « Nom français ». Par exemple, si le sous-type « Espèce arborescente » est choisi, seulement deux choix seront proposés : sapin baumier et érable noir. Ces propositions de réponses ont été associés au préalable à ce sous-type à l'aide de domaines (Figures 11 et 12). En fonction de la réponse sélectionnée, les champs « Code », « Nom Latin » et « Statut hydrique » s'actualisent automatiquement sans que l'utilisateur n'ait besoin de sélectionner une réponse de lui-même.

De même, une fois une valeur numérique saisie au champ « Recouvrement (%) », des calculs automatiques s'effectuent et d'autres champs de la table se mettront à jour en conséquence. Cela est rendu possible par l'utilisation de règles attributaires, définies à l'aide du langage ArcGIS Arcade. L'annexe 5 illustre l'utilisation d'une expression ayant pour but d'automatiser le champ « Code » en fonction de la réponse choisie.

Montreal_18mars Command Search (Alt+Q)

Project Map Insert Analysis View Edit Imagery Share Table Standalone Table

Clipboard Copy Paste Copy Path Copy Path Navigate Explore Bookmarks Go To XY

Layer Add Graphics Layer Add Data Basemap

Selection Select Select By Attributes Select By Location Clear Zoom To

Inquiry Measure Locate Infographics Coordinate Conversion

Labeling Pause Lock View Unplaced More Convert Download Map Remove Sync Offline

Contents Mise à jour et calcul... Web Experience

Search

Drawing Order Essai_Montréal Point d'échantillon - Field Map Standalone Tables Mise à jour et calculs milieu humide - Web Experience

Field: Add Calculate Selection: Select By Attributes Zoom To Switch Clear Delete Copy Rows: Insert

OBJECTID *	Numéro du point d'échantillonnage *	Strate dans laquelle s...	Nom français	Code	Nom latin	Statut hydrique	Recouvrement (%)	Somme des recouvrements de toutes les es...	Recouvrement relatif
1	1	Espèce arborescente	Sapin baumier	BABA	Abies balsamea	NI	15	0	<Null>
2	2	Espèce arborescente	<Null>	BANI	Acer nigrum	NI	20	0	<Null>
3	3	Espèce arbustive	Sapin baumier	CPVI	Prunus virginiana	NI	9	0	<Null>
4	4	Espèce arborescente	Érable noir	BABA	Abies balsamea	NI	10	0	<Null>

Click to add new row.

Figure 11 : Choix de réponse issues des domaines (1)

Montreal_18mars Command Search (Alt+Q)

Project Map Insert Analysis View Edit Imagery Share Table Standalone Table

Clipboard Copy Paste Copy Path Copy Path Navigate Explore Bookmarks Go To XY

Layer Add Graphics Layer Add Data Basemap

Selection Select Select By Attributes Select By Location Clear Zoom To

Inquiry Measure Locate Infographics Coordinate Conversion

Labeling Pause Lock View Unplaced More Convert Download Map Remove Sync Offline

Contents Mise à jour et calcul... Web Experience

Search

Drawing Order Essai_Montréal Point d'échantillon - Field Map Standalone Tables Mise à jour et calculs milieu humide - Web Experience

Field: Add Calculate Selection: Select By Attributes Zoom To Switch Clear Delete Copy Rows: Insert

OBJECTID *	Numéro du point d'échantillonnage *	Strate dans laquelle s...	Nom français	Code	Nom latin	Statut hydrique	Recouvrement (%)	Somme des recouvrements de toutes les es...	Recouvrement relatif
1	1	Espèce arborescente	Érable noir	BANI	Acer nigrum	NI	15	0	<Null>
2	2	<Null>	Quenouilles à feuilles larges	QTLA	Typha latifolia	OBL	20	0	<Null>
3	3	Espèce arbustive	Cerisier de Virginie	CPVI	Prunus virginiana	NI	9	0	<Null>
4	4	Espèce non ligneuse	Sapin baumier	BABA	Abies balsamea	NI	10	0	<Null>

Click to add new row.

Figure 12 : Choix de réponse issues des domaines (2)

4.3 Application Field Map

Il est possible d'utiliser l'application Field Map tant sur un téléphone intelligent que sur une tablette. Les captures d'écran suivantes ont été prises à partir d'un téléphone intelligent.

L'application permet d'enregistrer une position, qui est symbolisée par un point sur la carte interactive. Plusieurs points peuvent être saisis sans avoir de limite de nombre. Il est également possible d'associer à ce point une photo, une vidéo, un fichier audio ou encore un fichier (Figure 13).

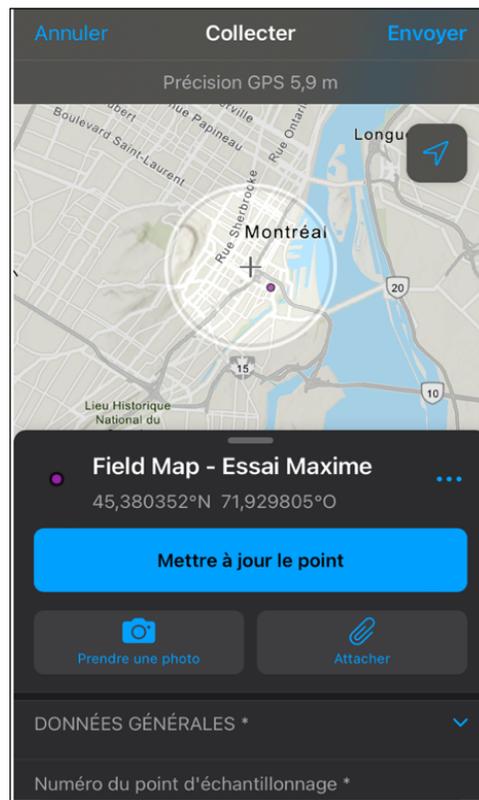


Figure 13 : Ajout d'une location dans l'application Field Map

Une fois la position du point d'échantillonnage déterminée, les questions à remplir deviennent visibles pour l'utilisateur. Dans le cas de notre application, plusieurs groupes contenant les réponses ont été créés pour en faciliter le remplissage.

Apparaissant sous forme de formulaire, certains groupes proposent une sélection de réponses accessibles en cliquant sur un symbole (cercle rouge). Dans le cas ci-dessous, l'utilisateur se voit présenter la liste de réponses suivante. Lorsqu'aucun symbole n'est présent (cercle vert), l'utilisateur doit alors saisir lui-même la réponse (Figure 14).

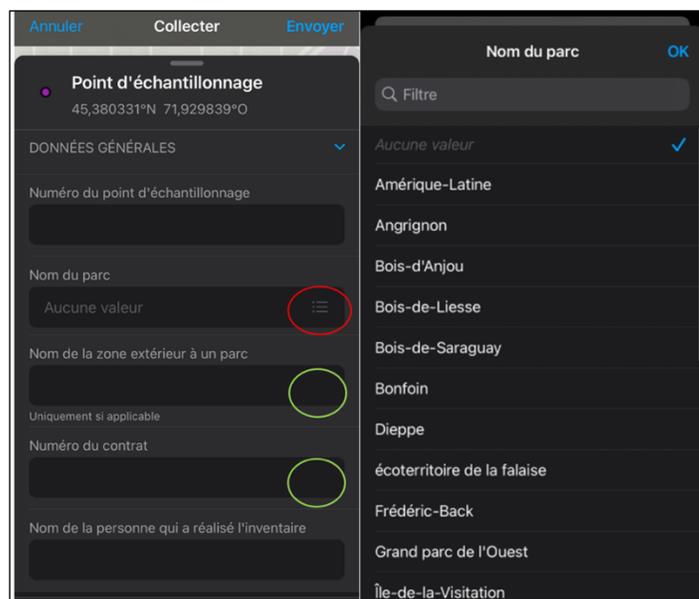


Figure 14 : Exemple de formulaire dans l'application Field Map

Étant donné que l'application Field Map interagit étroitement avec l'application Experience Builder, il est essentiel que les utilisateurs aient préalablement rempli cette dernière avant de pouvoir accéder aux formulaires disponibles dans Field Map. Pour garantir cette étape, une validation par l'utilisateur est nécessaire. En cas de réponse affirmative, d'autres formulaires seront alors présentés à ce dernier. Cette option est configurée à l'aide d'expressions Arcade simples qui déterminent la visibilité des formulaires supplémentaires en fonction de la réponse sélectionnée, comme indiqué en figure 15.

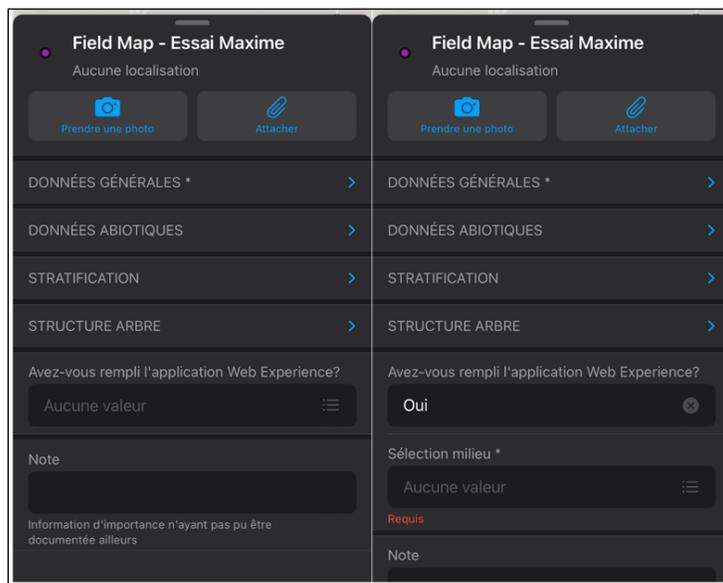


Figure 15 : Visibilité conditionnelle de champ dans Field Map

4.4 Application Experience Builder

L'application Experience Builder permet de mettre à jour les données d'un point créées à partir de l'application Field Map. En cliquant sur le point de la carte interactive, il est possible d'ajouter des informations qui seront enregistrées dans notre table « Mise à jour et calculs milieu humide – Web Experience » qui a été créée dans notre géodatabase dans ArcGIS Pro. Pour cela, il suffit de cliquer sur l'onglet mise à jour, de remplir le formulaire et de cliquer sur ajouter (Figure 16).

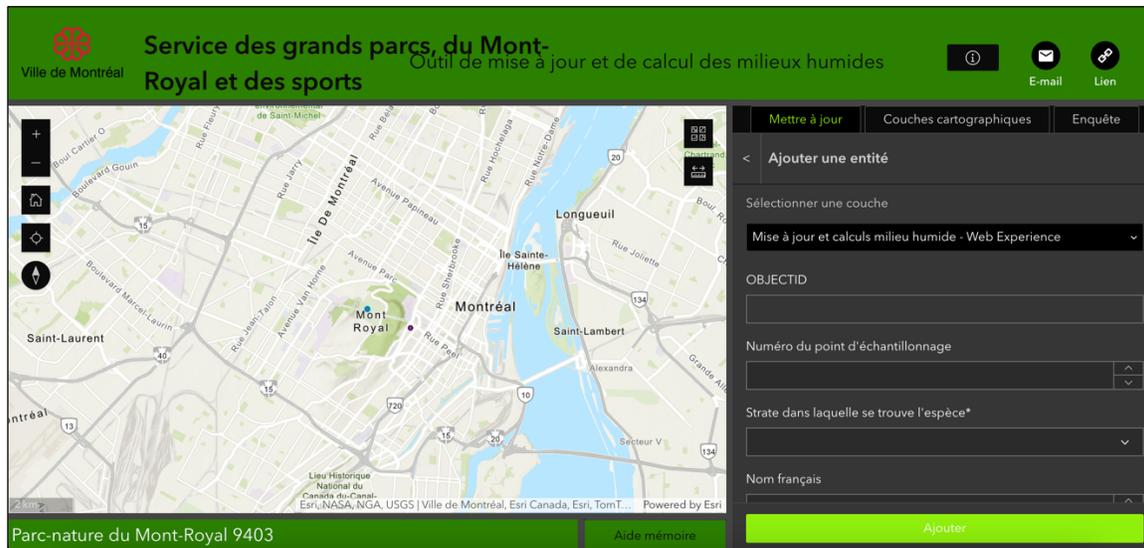


Figure 16 : Outil de mise à jour dans Experience Builder

5. Interprétation des résultats

Le travail réalisé dans le cadre de cet essai se donnait pour objectif la conception d'un outil de collecte de données géospatiales pour la végétation, au moyen de l'environnement Esri. Objectif qui a été partiellement atteint. En effet, l'outil permet d'enregistrer une position géographique et de saisir des informations en lien avec la végétation, en plus de réaliser des opérations automatisées telles que des calculs. Néanmoins, la conception de cet outil a rencontré des obstacles imprévus sur lesquels nous devons revenir.

La restriction à l'environnement Esri a tout d'abord été un défi à plusieurs égards. Nous avons consacré un certain temps à la recherche, à la réflexion et à l'exploration de diverses solutions pour répondre du mieux possible aux besoins de la Ville de Montréal. Cet investissement significatif en termes de temps et de travail avait grandement été sous-estimée lors des discussions préliminaires concernant le projet. En effet, malgré notre familiarité avec l'environnement Esri grâce à notre formation et nos expériences professionnelles antérieures, nous avons été confrontés à de nombreux défis pour trouver les solutions appropriées, compte tenu de la spécificité du projet.

De plus, l'utilisation d'outils avancés des applications de la suite ArcGIS, comme l'automatisation des calculs, a représenté une étape supplémentaire. Ni les spécialistes en géomatique du SGPMRS ni les professeurs nous encadrant n'ayant auparavant exploré une approche similaire, le projet nécessita une phase d'expérimentation et d'apprentissage pour intégrer efficacement les fonctionnalités demandées, qui nous permis par ailleurs de renforcer notre exploration de l'environnement Esri.

Sur le plan technique, bien que la solution proposée semble globalement complète au premier abord, elle nécessite, pour fonctionner de manière optimale, encore plusieurs ajustements. Les résultats obtenus sont prometteurs et ouvrent la voie à de nombreuses possibilités d'exploitation, même s'ils exigent encore des améliorations telles qu'une meilleure coordination entre les différentes applications. Nonobstant, le travail réalisé dans cet essai pourra être considéré comme une base solide et intéressante pour des développements ultérieurs plus aboutis par les professionnels en géomatique du SGPMRS.

La limitation technique de l'application Field Map, qui ne permet pas l'ajout de plusieurs réponses pour une même question, a été un tournant pour notre projet, car la Ville de Montréal avait un besoin impératif de cette fonctionnalité pour ses inventaires. À l'origine, notre concept reposait sur l'utilisation exclusive de Field Map, et sans cette limitation, cette application aurait pu être suffisante pour répondre aux besoins de collecte de données de la Ville.

Cette condition a entraîné des ajustements majeurs, tels que la réduction des objectifs initiaux en raison de notre contrainte de temps, et l'entière révision de l'approche du projet. Notre stratégie initiale reposait sur l'utilisation d'une seule application (Field Map),

mais cette option dut être écartée au profit d'une utilisation d'autres applications de l'environnement Esri, afin de pouvoir répondre aux besoins de la ville. Ce changement a ouvert de nouvelles perspectives très pertinentes que nous n'avions pas nécessairement envisagées, notamment en ce qui concerne l'intégration de plusieurs applications et leur interconnexion. En effet, la force de l'environnement Esri réside dans sa capacité à connecter ses applications les unes avec les autres, et à permettre ainsi le partage de leurs données sur la plateforme ArcGIS Online. Dans notre cas, nous avons utilisé ArcGIS Pro pour créer la géodatabase du projet, collecter des données sur le terrain via l'application Field Map, intégrer ces données dans ArcGIS Online, puis les réutiliser dans ArcGIS Experience Builder avant de les renvoyer sur la plateforme ArcGIS Online. Cette boucle de rétroactions démontre la fluidité avec laquelle les données peuvent être transférées et utilisées entre les différentes applications de l'environnement Esri.

L'avantage du regroupement de ces données au même endroit est de faciliter grandement le partage et la collaboration entre différents utilisateurs, et c'est précisément ce que recherche la ville de Montréal : une collaboration renforcée entre les consultants engagés et ses propres services géomatiques lors de la réalisation des inventaires.

Un autre point d'amélioration de notre projet que nous pouvons soumettre, concerne l'application Experience Builder. Bien que nous sommes parvenus à connecter la couche de données produite par l'application Field Map à l'application Experience Builder par l'intermédiaire du widget « Mettre à jour », des problèmes persistent.

En effet, pour une raison que nous ignorons, les réponses saisies (Figure 16) ne s'actualisent pas automatiquement lorsque l'on utilise l'outil « Mettre à jour » sur l'interface Web, alors qu'elles se mettent à jour automatiquement dans ArcGis Pro (Figure 10). Nous rappelons par ailleurs que ces fonctionnalités ont été configurées à partir d'expressions Arcade dans la table « Mise à jour et calculs milieu humide – Web Experience ».

De plus, l'utilisation des sous-types qui doit restreindre le choix des réponses possibles en fonction de la première réponse entrée ne semble pas complètement effective. Par exemple, en sélectionnant le sous-type « Espèce arborescente », l'utilisateur devrait logiquement n'avoir que deux choix de réponse : érable noir et sapin baumier. Cependant, l'utilisateur a malgré tout accès à l'ensemble des sous-types, ce qui engendre également des problèmes dans les autres champs. Ce dysfonctionnement ne devrait pas être possible et nécessite une correction que nous n'avons malheureusement pas pu apporter : la source de ces erreurs demeure inconnue et n'a pu être investiguée davantage par nos soins faute de temps. Néanmoins, il est probable qu'elle provienne des expressions Arcade utilisées.

6. Conclusion

La réalisation de cet essai en collaboration avec le SGPMRS de la Ville de Montréal a permis d'aboutir au développement d'un outil de collecte de données géospatiales pour la végétation à partir de l'environnement Esri.

Initialement conçu pour être développé à partir de l'application Field Map, il s'est avéré que cela n'était pas possible en raison de limitations techniques inhérentes à l'application, ce qui nous a amené à réfléchir à l'utilisation d'autres applications de l'environnement Esri et à la manière de les connecter entre elles pour répondre aux exigences et aux besoins de la Ville. Notre outil de collecte de données est donc l'aboutissement de l'utilisation de deux applications que sont ArcGIS Field Map et ArcGIS Experience Builder, en plus des applications dites de « base » d'Esri que sont ArcGIS Pro et ArcGIS Online.

À travers le développement de notre projet, l'environnement Esri s'est ainsi distingué par sa capacité à exploiter efficacement plusieurs de ses applications pour accomplir divers aspects du projet. Cela a permis d'enrichir et d'étendre considérablement les fonctionnalités disponibles, et d'apporter des solutions pertinentes aux regards des difficultés rencontrées.

Néanmoins, une critique potentielle concerne la prise en main de ces applications, qui semble facile au premier abord, mais se révèle complexe lorsqu'on souhaite réaliser des tâches avancées, comme c'était le cas pour notre projet. En effet, au-delà de simplement enregistrer des positions et remplir des formulaires, nous devons automatiser des actions, effectuer des calculs et garantir l'interopérabilité entre nos différentes applications. Cette complexité a été exacerbée par les exigences spécifiques des données à collecter, ce qui a nécessité un travail de recherche approfondi pour déterminer quelles applications utiliser et comment les configurer de manière optimale.

Également, l'absence de vision claire et anticipée quant au rendu final et au fonctionnement de l'outil, aussi bien pour l'étudiant que pour les services impliqués, a constitué une variable significative dans sa conception. Cette incertitude a engendré des retards, mais s'est avérée bénéfique en nous permettant de développer notre autonomie et de proposer nos solutions innovantes. De plus, cela a contribué à enrichir nos connaissances sur l'environnement Esri et à renforcer nos compétences dans ce domaine.

Toutefois, bien que fonctionnel, notre outil ne peut être considéré que comme un prototype et nécessitera plusieurs améliorations avant de pouvoir être envisagé comme étant une solution fonctionnelle et viable par les services du SGPMRS. Par manque de temps, le projet n'a pas pu répondre à tous les objectifs initiaux qui étaient prévus et la configuration des tableaux de bord à l'aide d'ArcGIS Dashboard dut également être abandonnée.

7. Recommandations

L'outil de collecte de données réalisé au travers de cet essai est un prototype et plusieurs recommandations et améliorations peuvent être proposées. Malheureusement, le manque de temps et les difficultés rencontrées n'ont pas permis d'aboutir à une version plus élaborée du projet. Cependant, il est envisageable que les équipes géomatiques du SGPMRS s'inspirent de ce prototype pour d'autres types d'inventaires. Cet essai a dans ce sens permis de poser les bases pour de futures applications de collecte de données géospatiales.

Ce travail a mis en évidence les limites de certaines applications, et il aurait pu être intéressant d'explorer d'autres solutions comme l'utilisation d'application ne faisant pas partie de l'environnement Esri, même si c'est celui-ci qui est utilisé par les services du SGPMRS de la ville de Montréal. Par exemple, l'utilisation d'applications telles que QField (Qfield, 2024) ou FME (FME by safe software, 2024) aurait pu offrir des fonctionnalités intéressantes pour notre projet, comme la capacité à gérer plusieurs réponses pour un même champ ou à automatiser des processus complexes et des calculs avancés. De plus, il est à noter que les services géomatiques du SGPMRS utilisent déjà l'application FME, ce qui laisse envisager son inclusion dans le développement de futures applications de collecte de données nécessitant des fonctionnalités avancées.

Cette approche aurait permis d'explorer pleinement les capacités offertes par différentes plateformes et d'adapter les solutions aux besoins spécifiques du projet, tout en exploitant le potentiel d'innovation des technologies disponibles.

Bibliographie

Badgley, C. (2003). The multiple scales of biodiversity. *Paleobiology*, 29(1), 11-13.
[https://doi.org/10.1666/0094-8373\(2003\)029<0011:TMSOB>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1666/0094-8373(2003)029<0011:TMSOB>2.0.CO;2)

Biodiversité : présentation et enjeux. (s. d.). Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires. Récupéré le 19 février 2024 de
<https://www.ecologie.gouv.fr/biodiversite-presentation-et-informations-cles>

BOUCHER, Isabelle et Nicolas FONTAINE (2010). La biodiversité et l'urbanisation, Guide de bonnes pratiques sur la planification territoriale et le développement durable, ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire, coll. « Planification territoriale et développement durable », 178 p. [HYPERAMROT.GOUV.QC.CA] page internet consulté le 26 février 2024

Charlot, A. (2014). La nature au cœur de la ville. *Vraiment durable*, 5/6(1-2), 191-200.
<https://doi.org/10.3917/vdur.005.0191>

Denègre, J. et Salgé, F. (2004). Introduction aux systèmes d'information géographique (vol. 2e éd., p. 5-11). Presses Universitaires de France. <https://www.cairn.info/les-systemes-d-informations-geographique--9782130539230-p-5.htm>

Denègre, J. et Salgé, F. (2004). Architecture générale et fonctionnalités des SIG (vol. 2e éd., p. 63-87). Presses Universitaires de France. <https://www.cairn.info/les-systemes-d-informations-geographique--9782130539230-p-63.htm>

Doherty, T. S., Glen, A. S., Nimmo, D. G., Ritchie, E. G. et Dickman, C. R. (2016). Invasive predators and global biodiversity loss. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(40), 11261-11265. <https://doi.org/10.1073/pnas.1602480113>

Ershad, M. et Ali, E. (2020, 26 mars). *Geographic Information System (GIS): Definition, Development, Applications & Components*.
https://www.researchgate.net/publication/340182760_Geographic_Information_System_GIS_Definition_Development_Applications_Components

Esri. À propos d'Esri, 2024a. URL : <https://www.esri.com/fr-fr/about/about-esri/company>. Page internet consultée le 10 mai 2024

Esri. ArcGIS Experience Builder, 2024b. URL : <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-experience-builder/overview>. Page internet consultée le 15 mai 2024

Esri. *ArcGIS Field Map*, 2024c. URL: <https://www.esri.com/fr-fr/arcgis/products/arcgis-field-maps/overview>. Page internet consultée le 14 mai 2024

Esri. *Géodatabase Fichier*, 2024d. URL : <https://pro.arcgis.com/fr/pro-app/latest/help/data/geodatabases/manage-file-gdb/file-geodatabases.htm>. Page internet consultée le 18 mai 2024

Esri. *ArcGIS Online*, 2024e. URL : <https://www.esri.ca/fr-ca/products/gis-mapping-products/arcgis-online/overview#partager-des-cartes-et-des-applications>. Page internet consultée le 15 mai 2024

Esri. *ArcGIS Pro*, 2024f. URL: <https://www.esri.ca/fr-ca/products/gis-mapping-products/arcgis-pro/overview>. Page internet consultée le 13 mai

Esri. *ArcGIS Survey123*, 2024g. URL: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-survey123/overview>. Page internet consultée le 14 mai 2024
ArcGIS Web Experience

Esri. *Téléchargement d'ArcGIS Survey123*, 2024h. URL: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-survey123/downloads>. Page internet consultée le 15 mai 2024

Esri. *Widgets*, 2024i. URL: <https://doc.arcgis.com/fr/experience-builder/latest/configure-widgets/widgets-overview.htm>). Page internet consultée le 19 mai 2024

Felke, T. P. (2024). ArcGIS Survey123: A Case Study Using Spatial Technology to Examine Food Access. *Journal of Technology in Human Services*, 42(1), 25-40.
<https://doi.org/10.1080/15228835.2023.2292084>

FME by Safe Software. *Platform*. URL: <https://fme.safe.com>. Page internet consultée le 2 juin

Fulcrum. *Overview*. URL: <https://www.fulcrumapp.com>. Page internet consultée le 19 juin 2024

Geodk, *Geographical Open Data Kit*. URL: <http://geodk.com/index.html>. Page internet consultée le 20 juin

Giant Panda | Species | WWF. (s. d.). World Wildlife Fund. Récupéré le 19 février 2024 de <https://www.worldwildlife.org/species/giant-panda>

Gouvernement du Canada. *Conférence de l'ONU sur la biodiversité : COP15 à Montréal*. URL : <https://www.canada.ca/fr/services/environnement/faune-flore-especes/biodiversite/cop15.html>). Page internet consultée le 28 février 2024

Gouvernement du Canada. *Stratégie sur les espèces exotiques envahissantes*. URL : <https://www.canada.ca/fr/services/environnement/faune-flore-especes/especes-envahissantes.html>. Page internet consultée le 28 février 2024

Histoire des SIG | Chronologie des débuts et du futur des SIG. (s. d.). Récupéré le 31 janvier 2024 de <https://www.esri.com/fr-fr/what-is-gis/history-of-gis>

Jaramillo, A (2021). Concepts de Programmation. Département de Géomatique Appliquée –Université de Sherbrooke. [Cours]

Kalumbilo, M. et Chilufya, R. (2019). Development of a Mobile-based Geographical Information System for Managing Boreholes in Chilenje and Chalala Townships. https://www.researchgate.net/publication/337932685_Development_of_a_Mobile-based_Geographical_Information_System_for_Managing_Boreholes_in_Chilenje_and_Chalala_Townships

Larrère, R. et Larrère, C. (2010). Quelques réflexions sur la notion de biodiversité. *Sciences Eaux & Territoires, Numéro 3(3)*, 6-8. <https://doi.org/10.3917/set.003.0006>
logiciel propriétaire. (s. d.). Récupéré le 9 mars 2024
<https://vitrinelinguistique.oqlf.gouv.qc.ca/fiche-gdt/fiche/8371434/logiciel-proprietaire>

Loreau, M. (2009). Enjeux de la science et de la gouvernance de la biodiversité. *Les ateliers de l'éthique / The Ethics Forum, 4(1)*, 36-45. <https://doi.org/10.7202/1044579ar>

Malher, F. et Magne, J.-F. (2010). L'urbanité des oiseaux. *Ethnologie française, 40(4)*, 657-667. <https://doi.org/10.3917/ethn.104.0657>

Martin, S. (2014). *Impacts des espèces exotiques envahissantes sur la biodiversité en milieu urbain québécois : Le cas de l'agrile du frêne* [Université Sherbrooke]. <https://doi.org/10.1287/79d8d372-965b-460c-94e7-bce46b101452>

Miller, J. R. et Hobbs, R. J. (2002). Conservation where people live and work. *Conservation Biology, 16(2)*, 330-337. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2002.00420.x>

Ministère de l'environnement, de la lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs. *Espèces exotiques envahissantes (EEE)*. URL : <https://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes-exotiques-envahissantes/index.asp> Consulté le 20 février 2024.

Müller N, Werner, P. (2010). Urban Patterns and Biological Diversity: A Review. In Müller, N., Werner, P., and Kelcey, J.G., *Urban Biodiversity and Design*(p. 145-173). Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd.
https://www.researchgate.net/publication/278664476_Patterns_and_Trends_in_Urban_Biodiversity_and_Landscape_Design

Mueller, M. A., Drake, D. et Allen, M. L. (2019). Using citizen science to inform urban canid management. *Landscape and Urban Planning*, 189, 362-371.
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.04.023>

Nowak, M. M., Dziób, K., Ludwisiak, Ł. et Chmiel, J. (2020). Mobile GIS applications for environmental field surveys: A state of the art. *Global Ecology and Conservation*, 23, e01089. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01089>

Office québécois de la langue française. *Grand dictionnaire terminologique*. URL : <https://vitrinelinguistique.oqlf.gouv.qc.ca/fiche-gdt/fiche/8371434/logiciel-propretaire>
Page internet consultée le 9 mars 2023

Organisation des Nations Unis. *Les 5 principaux facteurs qui alimentent la crise de la nature*. URL : <https://www.unep.org/fr/actualites-et-recits/recit/les-5-principaux-facteurs-qui-alimentent-la-crise-de-la-nature>. Page internet consultée le 24 février.

Pilesjö, P. et Mårtensson, U. (2009). Integration of Geomatics in Research & Development. *S.A.P.I.EN.S. Surveys and Perspectives Integrating Environment and Society*, (2.2). <https://journals.openedition.org/sapiens/836>

Pinol, J.-L. (2009). Les atouts des systèmes d'information géographique – (SIG) pour « faire de l'histoire » (urbaine). *Histoire urbaine*, 26(3), 139-158.
<https://doi.org/10.3917/rhu.026.0139>

Qfield. *Highlights*. URL: <https://qfield.org>. Page internet consultée le 2 juin 2024

Rawat, U. S. et Agarwal, N. K. (2015). Biodiversity: Concept, threats and conservation. *Environment Conservation Journal*, 16(3), 19-28.
<https://doi.org/10.36953/EJ.2015.16303>

Repetskaya, A. I., Petlukova, K. A., Tabunshchik, V. A., Vishnevski, S. O. et Savushkina, I. G. (2020). Application of the Field-Map software and hardware complex for creating GIS of urban green spaces and Botanical gardens collections. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 574(1), 012069. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/574/1/012069>

Statistique Canada. *Profil du recensement, Recensement de la population de 2021 Montréal*. URL : <https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2021/dp->

[pd/prof/details/page.cfm?Lang=F&SearchText=montreal&DGUIDlist=2021A00052466023&GENDERlist=1,2,3&STATISTIClist=1&HEADERlist=0](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.01.009). Page internet consultee le 28 mai 2024

Shwartz, A., Turbé, A., Simon, L. et Julliard, R. (2014). Enhancing urban biodiversity and its influence on city-dwellers: An experiment. *Biological Conservation*, 171, 82-90. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.01.009>

Trojan, J., Grama, V. et Chrastina, P. (2019). *Mapping of sustainable tourism in Romanian cities in the field - the synergy of using QField and QGIS in situ*, 10, 52-58. <https://www.researchgate.net/publication/339447929> Mapping of sustainable tourism in Romanian cities in the field - the synergy of using QField and QGIS in situ

Ville de Montréal. *Données ouvertes Grands parcs, parcs d'arrondissements et espaces publics*. URL : <https://donnees.montreal.ca/dataset/grands-parcs-parcs-d-arrondissements-et-espaces-publics#:~:text=Les%20arrondissements%20de%20la%20Ville,plus%20de%206%20412%20ha>. Page internet consultée le 27 mai

Ville de Montréal. *Plan nature et sports : intégrer la nature au cœur de la ville*. URL : <https://montreal.ca/articles/plan-nature-et-sports-integrer-la-nature-au-coeur-de-la-ville-15210>. Page internet consultée le 10 mai 2024.

Ville de Montréal. *Six actions concrètes en faveur de la biodiversité à Montréal, le programme de gestion des écosystèmes*. URL : <https://montreal.ca/articles/six-actions-concretes-en-faveur-de-la-biodiversite-montreal-5461>. Page internet consultée le 25 mai 2024

Wallen, C. et Torbet, N. (2016). Mobile Technology in Mine Action: The Fulcrum Application. *The Journal of Conventional Weapons Destruction*, 20(2). <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol20/iss2/6>

Annexes

Annexe 1 : Données collectées pour la catégorie « station d'échantillonnage »

Groupes	Nom du champ	Description	Type
Données générales			
	id_parc	Numéro du parc	Short
	nom_parc	Nom du parc	Text
	nom_zone	Nom de la zone extérieur à un parc	Text
	nom_eval	Nom de la personne qui a réalisé l'inventaire	Text
	nom_firm	Nom de la firme qui a réalisé l'inventaire	Text
	note	Information d'importance n'ayant pas pu être documentée ailleurs	Text
	num_contrat	Numéro du contrat	Short
Données abiotiques			
	exposition	Exposition	Text
	topo	Situation topographique	Text
	pct_pente	Pourcentage de pente	Float
	drainage	Classe de drainage	Text
	subm	Submersibilité	Text
	pierrosite	Classe de pierrosité	Text
	sol_text	Texture des sol	Text
Stratification			
	fermeture	Recouvrement totale veg 1m	Float
	strate	Strate	Text
Structure arbre			
	arbre1_Sp	Espèce d'arbre (DHP \geq 9,1 cm), 1 de 4	Text
	arbre1_DHP	DHP de l'arbre 1 (cm)	Float
	arbre1_H	Hauteur de l'arbre 1	Text
	arbre2_Sp	Espèce d'arbre (DHP \geq 9,1 cm), 2 de 4	Text
	arbre2_DHP	DHP de l'arbre 2 (cm)	Float
	arbre2_H	Hauteur de l'arbre 2	Text
	arbre3_Sp	Espèce d'arbre (DHP \geq 9,1 cm), 3 de 4	Text
	arbre3_DHP	DHP de l'arbre 3 (cm)	Float
	arbre3_H	Hauteur de l'arbre 3	Text
	arbre4_Sp	Espèce d'arbre (DHP \geq 9,1 cm), 4 de 4	Text
	arbre4_DHP	DHP de l'arbre 4 (cm)	Float

	arbre4_H	Hauteur de l'arbre 4	Text
	chicots_20	Nombre de débris ligneux D \geq 20 cm	Short
	chicots_35	Nombre de chicots DHP \geq 35 cm	Short
	debrits_l20	Nombre de débris ligneux D \geq 20 cm	Short
	debris_l35	Nombre de débris ligneux D \geq 35 cm	Short
Sélection du milieu			
	confirm	Avez-vous rempli l'application Experience Builder ?	Text
	sel_mil	Sélection milieu	Text
Milieu humide potentiel			
	mh_context	Contexte du site	Text
	mh_forme	Forme du terrain	Text
	mh_depress	Présence de dépressions	Text
	mh_depr	Pourcentage de dépressions	Float
	mh_monti	Pourcentage de monticules	Float
	mh_PertVeg	Perturbation de la végétation	Text
	mh_PertSol	Perturbation des sols	Text
	mh_PertHyd	Perturbation de l'hydrologie	Text
	mh_Anthro	Milieu anthropique	Text
	mh_castor	Milieu affecté par un barrage de castor	Text
	mh_pert	Type de perturbation	Text
	mh_pression	Type de pression et distance	Text
	mh_complex	Milieu humide fait partie d'un complexe de milieux humides	Text
	mh_EauLibr	Eau libre de surface	Text
	mh_LienHyd	Lien hydrologique	Text
	mh_TypLien	Type de lien hydrologique de surface	Text
	mh_Ind_Pri1	Indicateurs primaires 1	Text
	mh_Ind_Pri2	Indicateurs primaires 2	Text
	mh_Ind_Pri3	Indicateurs primaires 3	Text
	mh_Ind_Pri4	Indicateurs primaires 4	Text
	mh_ind_sec1	Indicateurs secondaires 1	Text
	mh_ind_sec2	Indicateurs secondaires 2	Text
	mh_ind_sec3	Indicateurs secondaires 3	Text
	mh_ind_sec4	Indicateurs secondaires 4	Text
	mh_HO_Epai	Épaisseur de l'horizon organique (cm)	Text
	mh_HO_Type	Type d'horizon organique	Text
	mh_Pro_Roc	Profondeur du roc si contact lithique observé (cm)	Short
	mh_redox	Sol rédoxique dans sols minéraux	Short

	mh_reduc	Sol réductique dans sols minéraux	Short
	mh_ProfNap	Profondeur de la nappe (cm)	Short
	mh_DrainOb	Présence de drainage interne oblique	Text
	mh_SolHorz	Type d'horizon selon les codes du Système canadien de classification des sols	Text
	mh_SolProf	Profondeur minimale et maximale de l'horizon (cm)	Text
	mh_SolText	Texture de l'horizon	Text
	mh_SolDeco	Degré de décomposition selon l'échelle de von Post (sols organiques seulement)	Text
	mh_SolMat	Couleur de la matrice selon code Munsell	Text
	mh_SolAbMo	Abondance de mouchetures	Text
	mh_SolMouc	Couleur des mouchetures selon code Munsell	Text
	mh_SolDim	Dimension des mouchetures	Text
	mh_SolCont	Contraste: Différence entre les couleurs de la matrice et des mouchetures	Text
	mh_CasComp	Sol cas complexe	Text
Friches herbacée			
	fh_eplit_s	Épaisseur de la litière (cm), Sud	Short
	fh_eplit_o	Épaisseur de la litière (cm), Ouest	Short
	fh_eplit_n	Épaisseur de la litière (cm), Nord	Short
	fh_eplit_e	Épaisseur de la litière (cm), Est	Short
	fh_hveg_n	Hauteur de la végétation (cm), Nord	Short
	fh_hveg_s	Hauteur de la végétation (cm), Sud	Short
	fh_hveg_o	Hauteur de la végétation (cm), Ouest	Short
	fh_hveg_e	Hauteur de la végétation (cm), Est	Short
	fh_obsvi_n	Niveau d'obstruction visuelle (cm), Nord	Short
	fh_obsvi_s	Niveau d'obstruction visuelle (cm), Sud	Short
	fh_obsvi_o	Niveau d'obstruction visuelle (cm), Ouest	Short
	fh_obsvi_e	Niveau d'obstruction visuelle (cm), Est	Short
Milieu terrestre potentiel			
	mt_autre_sp	Présence des espèces dans les strates autres que celle qui définit le type de milieu	Text

Annexe 3

101

Exemple de calculs de végétation dominante

A. Les espèces présentes sont relevées strate par strate. Le pourcentage absolu de recouvrement qu'elles occupent dans la station est évalué.

Strate arborescente :

FRP (frêne de Pennsylvanie) – 1 % (présence)

ERR (érable rouge) – 55 %

Strate arbustive :

RHA (nerprun à feuilles d'aulne) – 1 % (présence)

VIC (viorne cassinoïde) – 5 %

Strate non ligneuse :

DRS (dryoptéride spinuleuse) – 15 %

OSC (osmonde cannelle) – 5 %

SYF (symplocarpe fétide) – 25 %

B. Calcul du pourcentage relatif de recouvrement

Strate arborescente : recouvrement total = 1 + 55 = 56

FRP (frêne de Pennsylvanie) – $1 * 100 / 56 = 2 \%$

ERR (érable rouge) – $55 * 100 / 56 = 98 \%$

Strate arbustive : recouvrement total = 1 + 5 = 6

= > Les arbustes occupant moins de 10 % de la placette, aucune espèce arbustive ne sera considérée comme dominante pour la station.

Strate non ligneuse : recouvrement total = 15 + 5 + 25 = 45

DRS (dryoptéride spinuleuse) – $15 * 100 / 45 = 33 \%$

OSC (osmonde cannelle) – $5 * 100 / 45 = 11 \%$

SYF (symplocarpe fétide) – $25 * 100 / 45 = 56 \%$

C. Identification des espèces dominantes et de leur statut

Strate arborescente : ERR (plus de 20 % de la station)

Strate arbustive : –

Strate non ligneuse : DRS (plus de 20 % de la station), SYF (plus de 20 % de la station)

Statuts hydriques :

ERR = FACH, DRS = NI, SYF = OBL

102

D. Conclusion

OBL + FACH (= 2) > NI (= 1)

La végétation est typique des milieux humides. Le site sera considéré comme humide.

Notons que le cas présenté répond également au deuxième critère permettant d'identifier une végétation typique des milieux humides, soit la présence au moins à 10 % de recouvrement par les espèces vivaces obligées des milieux humides, non limitées aux microdépressions du site.

Annexe 3 : Configuration des domaines dans le logiciel ArcGIS Pro

The screenshot shows the ArcGIS Pro interface with the 'Domains' window open. The window displays a list of domain names and their descriptions. The 'D_mnh_complex' domain is highlighted, and its configuration is shown in a table on the right.

Domain Name	Description	Field Type	Domain Type	Split Policy	Merge Policy	Code	Description
D_mnh_complex	Fait parti d'un complexe de milieu humide	Text	Coded Value Domain	Default	Default	01	Rosierin
D_mnh_context	Contexte du site	Text	Coded Value Domain	Default	Default	03	Palustrin
D_mnh_depress	Présence de dépressions	Text	Coded Value Domain	Default	Default	02	Lacustrin
D_mnh_eaulibr	Eau libre de surface	Text	Coded Value Domain	Default	Default		
D_mnh_forme	Forme du terrain	Text	Coded Value Domain	Default	Default		
D_mnh_hotype	Type d'horizon organique	Text	Coded Value Domain	Default	Default		
D_mnh_indpri	Indicateurs primaires	Text	Coded Value Domain	Default	Default		
D_mnh_indsec	Indices secondaires	Text	Coded Value Domain	Default	Default		
D_mnh_lienhyd	Type de lien hydrologique	Text	Coded Value Domain	Default	Default		
D_mnh_perfyg	Perturbation de la végétation	Text	Coded Value Domain	Default	Default		
D_mnh_pethyd	Perturbation de l'hydrologie	Text	Coded Value Domain	Default	Default		
D_mnh_pertsol	Perturbation du sol	Text	Coded Value Domain	Default	Default		
D_mnh_solabmo	Abondance mouchetures	Text	Coded Value Domain	Default	Default		
D_mnh_solcont	Contraste couleur matrice moucheture	Text	Coded Value Domain	Default	Default		
D_mnh_soldeco	Degré de décomposition selon l'échelle de von Post	Text	Coded Value Domain	Default	Default		
D_mnh_soldim	Dimensions mouchetures	Text	Coded Value Domain	Default	Default		
D_mnh_soltext	Texture de l'horizon	Text	Coded Value Domain	Default	Default		
D_mnh_typelin	Type de lien hydrologique	Text	Coded Value Domain	Default	Default		
D_mnhdrainob	Présence drainage interne oblique	Text	Coded Value Domain	Default	Default		
D_non_ligneuse	Nom espèce non ligneuse	Short	Coded Value Domain	Default	Default		

Annexe 4 : Association domaine à la couche Point d'Échantillon – Field Map dans le logiciel ArcGIS Pro

Visible		Read Only		Field Name	Alias	Data Type	Allow NULL	Highlight	Number Format	Domain	Default	Length
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	OBJECTID	OBJECTID	Object ID	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Numeric			
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Shape	SHAPE	Geometry	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	id_pt_ech	Numéro du point d'échantillonnage	Short	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Numeric			
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	note	Information d'importance n'ayant pas pu être documentée ailleurs	Text	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				8000
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	num_contrat	Numéro du contrat	Short	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Numeric			
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	exposition	Exposition	Text	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		D_exposition		8000
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	topo	Situation topographique	Text	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		D_topo		8000
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	pct_pente	Pourcentage de la pente	Float	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Numeric			
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	drainage	Classe de drainage	Text	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		D_drainage		8000
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	subm	Classe de submersibilité	Text	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		D_submersib		8000
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	pierrosite	Classe de pierrosité	Text	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		D_pierrosite		8000
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	sol_text	Texture de sol	Text	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		D_sol_text		8000
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	fermeture	Recouvrement total de la végétation mesuré à 1m	Float	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Numeric			
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	strate	Strate	Text	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		D_strate		255
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	arbre1_Sp	Espèce d'arbre (DHP≥9,1 cm), 1 de 4	Text	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				8000
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	arbre1_DHP	DHP de l'arbre 1 (cm)	Float	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Numeric			
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	arbre1_H	Hauteur de l'arbre 1	Text	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Numeric	D_arbre_h		255
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	arbre2_Sp	Espèce d'arbre (DHP≥9,1 cm), 2 de 4	Text	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				8000
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	arbre2_DHP	DHP de l'arbre 2 (cm)	Float	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Numeric			
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	arbre2_H	Hauteur de l'arbre 2	Text	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Numeric	D_arbre_h		255
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	arbre3_Sp	Espèce d'arbre (DHP≥9,1 cm), 3 de 4	Text	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				8000

Annexe 5 : Exemple de règle attributive utilisant le langage ArcGIS Arcade dans le logiciel ArcGIS Pro

The screenshot displays the ArcGIS Pro interface with the 'Attribute Rules' tab active. The 'Expression Builder' dialog is open, showing the Arcade script for calculating the 'ab_text' field. The script uses a series of conditional statements to assign abbreviations based on species names.

Expression Builder

Language: Arcade

Fields: OBJECTID, strate, espece, rec_tot, rec_rec, rec_sup_20, dominance, ab_text, Latin, stat_hydr, rec

Functions: Abs(), Acos(), Angle(), Area(), AreaGeodetic(), Array(), Asin(), Atan(), Atan2(), Attachments(), Average(), ...

Expression:

```
var espece = DomainName($feature,"espece");
var ab_text = $feature.ab_text;

if (espece == "Cersier de Virginie") {
  ab_text = "CPVI";
} else if (espece == "Saul de Bebb") {
  ab_text = "CSBE";
} else if (espece == "Sapin baumier") {
  ab_text = "BABA";
} else if (espece == "Érable noir") {
  ab_text = "BANI";
} else if (espece == "Achimille millefeuille") {
  ab_text = "JANI";
} else if (espece == "Quenouilles à feuilles larges") {
  ab_text = "QTLA";
} else if (espece == "Uvulaire à grandes fleurs") {
  ab_text = "LUGR";
} else {
  ab_text = "FAUX"; // Valeur par défaut si aucune correspondance
}
```