



VILLE DE LAVAL

PROJET DRONAUTIQUE – VILLE DE LAVAL
Analyse stratégique de l'implantation de la dronautique
à l'échelle corporative



RESPONSABLE

Julien Belvisi

Chef de division – Données géomatiques
Centre d'excellence en géomatique (CEG)

PAR

Hassen Feki

Stagiaire en maîtrise de Géographie (UQAM)
Technicien géomatique surnuméraire

Décembre 2019

Note au lecteur :

La Ville de Laval n'est et ne peut être tenue responsable, pour quelque raison que ce soit, des conséquences et dommages découlant directement ou indirectement de l'utilisation pouvant être faite par une tierce partie de l'information divulguée dans ce rapport.

Référence à citer :

Ville de Laval (2019). *Projet dronautique - Ville de Laval. Analyse stratégique de l'implantation de la dronautique à l'échelle corporative*. Rapport interne. 153 pages.

REMERCIEMENTS

Pour leurs précieuses contributions à l'élaboration de notre étude, nous aimerions exprimer notre reconnaissance ainsi que notre gratitude à :

La Ville de Laval, le CEG, ses gestionnaires et employés pour leur accueil et l'opportunité offerte de réaliser cette étude au sein de l'organisation municipale,

Monsieur Julien Belvisi, chef de division données géomatiques au CEG, pour son encadrement et son soutien dans les différentes étapes de ce travail,

L'ensemble des employés qui ont pris le temps de répondre consciencieusement au sondage,

Maitre Danie Dubé, avocate du Service des affaires juridiques,

Monsieur Jean Joly, conseiller à l'État-major du Service de police de Laval,

Monsieur Claude Lussier, chef de division opérations, ainsi que Mathieu Charrois, du Service de sécurité incendie de Laval,

Monsieur Yann Roche, professeur à l'Université du Québec à Montréal, directeur de maîtrise en géographie et membre du comité de lecture, pour son encadrement, ses conseils et sa patience dans mon cheminement académique,

Monsieur Patrick Ménard, directeur technique du Centre de géomatique du Québec (CGQ) et membre du comité de lecture,

Monsieur William de Keiser, directeur du Créneau d'excellence sur les drones civils et commerciaux au Centre d'excellence sur les drones (CED) et membre du comité de lecture,

Ainsi que les responsables et les employés des municipalités contactées dans le cadre de la démarche de parangonnage.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS.....	v
TABLE DES MATIERES	vi
LISTE DES FIGURES	x
LISTE DES TABLEAUX.....	xi
LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES	xii
SOMMAIRE EXÉCUTIF.....	xiv
INTRODUCTION	1
I- Démarche de l'étude.....	3
1- Objectifs spécifiques de l'étude	3
2- Recherche bibliographique	3
3- Sondage à l'échelle corporative	4
4- Expérience terrain	4
5- Lexique.....	4
II- Présentation de la technologie	8
1- Historique des drones.....	8
2- Modèles et spécificités techniques.....	9
a- Voilure fixe.....	9
b- Voilure tournante ou VTOL	10
c- Comment choisir son drone?	11
3- Les logiciels de commande et de traitement	12
a- Logiciel de gestion de vol.....	12
b- Logiciel de post-traitement.....	12
c- Comment choisir le bon logiciel?	13
4- Composition d'un Système d'Aéronef Télépiloté	14
a- L'aéronef télépiloté (ATP)	14
b- Le poste de contrôle (PC)	14
c- La liaison de commande et de contrôle (C2).....	14
5- Charge utile et types de capteurs.....	15
6- Équipements afférents.....	17
III- Réglementation concernant l'opération d'un SATP.....	20

1-	Cadre réglementaire et instances gouvernementales	20
2-	Catégories d'opérations des SATP	21
a-	Voler sans certificat de pilote	23
b-	Voler avec certificat de pilote.....	23
c-	Voler avec COAS	23
3-	Certification pour le pilotage	24
a-	Examen écrit.....	25
b-	Révision en vol.....	26
c-	Mise à jour des connaissances	27
4-	Immatriculation.....	28
5-	Enjeux réglementaires et sanctions	29
6-	Juridiction des municipalités.....	29
IV-	Sécurité entourant l'utilisation d'un SATP.....	32
1-	Membres d'équipage et santé et sécurité au travail	32
2-	Assurance et responsabilité civile	33
3-	Système d'assurance de la sécurité des SATP	33
a-	Les risques et les dangers	34
b-	Démarches pour assurer la sécurité	34
4-	Déclaration de sécurité d'un SATP.....	35
V-	Opérer un Système d'Aéronef Télépiloté.....	36
1-	Prérequis.....	36
2-	Déroulement standard d'une mission.....	36
a-	Avant la mission	36
b-	Avant l'envolée.....	37
c-	Durant l'envolée	37
d-	Après l'envolée.....	37
3-	Entretien et maintenance	37
4-	Post-traitement et gestion des données	38
VI-	La dronautique au Québec.....	40
1-	Recherche & innovation.....	40
2-	Centres de compétences	41
a-	Centre de Géomatique du Québec	42

b-	Centre d'excellence sur les drones (CED).....	44
3-	Le marché de la dronautique.....	46
4-	Expériences d'autres organismes.....	49
VII-	Description des besoins de la municipalité.....	51
1-	Les participants au sondage.....	51
2-	Vue d'ensemble.....	52
a-	« Les drones dans votre service » (Q3 à Q7).....	52
b-	« Besoins de votre service » (Q8 à Q15).....	53
c-	« Relations avec le domaine aéronautique » (Q16 à Q18).....	59
d-	« Connaissances générales relatives à l'opération d'un drone » (Q19 à Q21)	59
e-	« Quiz » (Q22 à Q26).....	59
3-	Besoins spécifiques.....	61
a-	Synthèse des besoins énoncés par les services sondés.....	61
b-	Service de Sécurité Incendie.....	63
c-	Service de Police.....	63
VIII-	Scénarios prévisionnels.....	66
1-	Hypothèses et paramétrage des scénarios.....	66
a-	Projection du nombre de missions par an – horizon 3 ans.....	66
b-	Estimation des coûts d'opération.....	67
2-	Présentation des scénarios.....	68
a-	Scénario 1 : 0 % en interne, 100 % en externe.....	68
b-	Scénario 2 : 50 % en interne, 50 % en externe.....	69
c-	Scénario 3 : 100 % en interne, 0 % en externe.....	70
d-	Scénario 4 : 75 % en interne, 25 % en externe.....	71
3-	Récapitulatif et comparaisons.....	72
IX-	Analyse avantages-inconvénients de l'internalisation de la technologie dronautique	74
X-	Banc d'essai.....	78
1-	Service Incendie Laval.....	78
a-	Accompagnement sur le terrain.....	78
b-	Retour sur deux interventions antérieures.....	79
2-	Le « carré Laval ».....	80

a-	Analyse de l'environnement de l'intervention	81
b-	Préparation de la mission.....	81
c-	Demandes des autorisations	82
d-	Déroulement des activités de terrain	82
e-	Réglages SATP.....	83
f-	Post-traitement.....	83
3-	Service environnement et écocitoyenneté.....	84
a-	Mandat	84
b-	Déroulement des opérations	84
c-	Résultats et discussion	86
	CONCLUSION.....	88
	BIBLIOGRAPHIE.....	90
	Annexe 1 : Articles du Règlement de l'aviation canadien s'appliquant aux SATP	96
	Table des matières du RAC, hors Partie IX.....	96
	Table des matières du RAC, Partie IX.....	98
	Partie IX — Systèmes d'aéronefs télépilotés	101
	Section I — dispositions générales.....	101
	Section II — interdiction générale.....	102
	Sous-partie 1 — petits aéronefs télépilotés	102
	Sous-partie 2 — [Réservée].....	128
	Sous-partie 3 — opérations aériennes spécialisées — systèmes d'aéronefs télépilotés.....	128
	Annexe 2 : Questions du sondage.....	131

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Exemples de modèles à voilure fixe.....	10
Figure 2 : Exemples de modèles à voilure tournante.....	10
Figure 3 : Exemples de logiciels de gestion de vol.....	12
Figure 4 : Exemples de logiciels de post-traitement.....	13
Figure 5 : Les différentes catégories d'opérations.....	22
Figure 6 : Diagramme de la structure réglementaire.....	23
Figure 7 : Carte interactive fournie à titre indicatif seulement.....	24
Figure 8 : Modalités d'immatriculation du drone.....	28
Figure 9 : Taille des activités commerciales des SATP en 2020.....	46
Figure 10 : Nombre d'amendes imposées par TC par province.....	47
Figure 11 : Répartition des participants par service et par poste.....	51
Figure 12 : Étapes de la recherche simulée.....	79
Figure 13 : Trajectoire du vol de la recherche simulée.....	80
Figure 14 : Carte de la répartition de l'espace d'intervention.....	81
Figure 15 : Carte des emplacements des ruisseaux.....	85
Figure 16 : Exemple des produits générés pour chacun des ruisseaux.....	86

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Exemples de charges utiles.....	16
Tableau 2 : Exemples d'équipements requis pour une opération.....	18
Tableau 3 : Résumé des modalités des examens pour certificat de base et avancées.....	26
Tableau 4 : Exemples d'infractions et les sanctions correspondantes.....	29
Tableau 5 : Liste non exclusive des projets du CGQ impliquant des SATP de 2015 à 2019.....	43
Tableau 6 : Nombre de COAS délivrés entre 2010 et 2017, par province.....	47
Tableau 7 : Nombre de choix d'applications par service.....	55
Tableau 8 : Choix du type de SATP par service.....	56
Tableau 9 : Fréquences anticipées d'intervention par service.....	58
Tableau 10 : Estimation du nombre total de missions anticipée par an.....	66
Tableau 11 : Opérations totalement assurées par firmes externes.....	69
Tableau 12 : Partage des interventions au bout de la troisième année.....	70
Tableau 13 : Opérations totalement assurées par les ressources de la Ville.....	71
Tableau 14 : Opérations assurées par les ressources de la Ville, excluant Lidar.....	72
Tableau 15 : Récapitulatif des coûts totaux des scénarios.....	72
Tableau 16 : Coût d'achat annuel d'équipement par scénario.....	73
Tableau 17 : Comparatif SATP avec autres technologies.....	74
Tableau 18 : Comparatif internalisation des opérations avec impartition.....	75
Tableau 19 : Durée des phases de post-traitement par logiciel.....	84

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

Français

ATP	: Aéronef Télépiloté,
CCHST	: Centre Canadien d'Hygiène et de Sécurité au Travail,
CED	: Centre d'Excellence sur les Drones,
CEG	: Centre d'Excellence en Géomatique,
CGQ	: Centre de Géomatique du Québec,
COAS	: Certificat d'Opérations Aériennes Spécialisées,
CNRC	: Conseil National de Recherches Canada,
FSNA	: Fournisseurs de Services de Navigation Aérienne,
MD	: Matières Dangereuses,
MMQ	: Mutuelle Municipale du Québec,
MNT	: Modèle Numérique de Terrain,
PC	: Poste de Commande,
RAC	: Règlement de l'Aviation Canadien,
SATP	: Système d'Aéronef Télépiloté,
SIG	: Système d'information géographique,
SST	: Santé et Sécurité au travail,
TC	: Transports Canada,
VdL	: Ville de Laval,

English

BVLOS	: Beyond Visual Line Of Sight (or BLOS)
CFS	: Canada Flight Supplement,
FPV	: First Person View
GCP	: Ground Control Point,
MAAC	: Model Aeronautics Association of Canada,
METAR	: Meteorological Aerodrome Report,
MTOW	: Maximum Take-Off Weight,
NIR	: Near Infrared,
NOTAM	: Notice to Airmen,
RPAS	: Remotely Piloted Aircraft System,
SOP	: Standard Operating Procedures,
TAF	: Terminal Aerodrome Forecast,
UAV	: Unmanned Aircraft Vehicle,
VLOS	: Visual Line-Of-Sight,
VTOL	: Vertical Take-off And Landing

SOMMAIRE EXÉCUTIF

La dronautique, ou encore l'ensemble des techniques et technologies entourant l'opération de drones (ou Système d'Aéronef Télépilote - SATP) est un domaine en expansion constante depuis maintenant plusieurs années et son apparition progressive dans la sphère municipale est inéluctable. À la Ville de Laval, certaines démarches sont d'ailleurs en cours, dont certaines relativement abouties, en ce qui concerne l'acquisition d'une telle technologie (service de Police de Laval). Plusieurs services, on le verra plus loin, songent sérieusement à avoir recours à cette technologie, mais sont freinés entre autres par l'évolution rapide de la technologie et de la réglementation s'appliquant à son opération.

Dans ce contexte général, le Centre d'excellence en géomatique (CEG) a été mandaté par la Direction générale de la Ville de Laval pour réaliser un portrait factuel de la situation de cette technologie sous l'angle d'une analyse stratégique coût-avantages de l'implantation de la dronautique à l'échelle corporative. Les objectifs spécifiques de l'étude sont donc de :

- décrire la technologie des drones et la législation en vigueur,
- identifier les considérations humaines, technologiques, légales, budgétaires associées à l'opération d'un drone, ou d'une flotte de drones pour la Ville de Laval,
- orienter la démarche d'acquisition de la technologie aux fins opérationnelles sous l'angle stratégique (court, moyen, long termes),
- produire une synthèse des besoins des différents services et divisions,
- produire une analyse coût-bénéfices.

Les grands axes de la démarche réalisée pour produire cette étude se résument ainsi :

- Recherche bibliographique dans le domaine de la dronautique
- Réalisation d'un sondage interne sur les besoins potentiels des services
- Production d'une analyse coût-avantages de la technologie incluant l'élaboration de plusieurs scénarios chiffrés selon un cycle triennal.
- Mise en œuvre de plusieurs bancs d'essai.
- Organisation de rencontres et de communications avec différents intervenants (à la Ville et à l'externe)

Le rapport met en évidence plusieurs éléments centraux parmi lesquels:

- le fait que la **réglementation en vigueur**, lorsque bien maîtrisée, **ne constitue pas un élément limitatif** à l'exploitation de cette technologie
- l'importance que les **opérations** dronautiques soient **assumées par des personnes ayant acquis une expertise reconnue et attestée** par les autorités compétentes.
- Qu'en ce sens, et dans l'optique d'une internalisation de la technologie, **que soient désignées des personnes dédiées** à la prise en charge de l'ensemble des travaux et activités inhérentes à l'opération de SATP

- que les **débouchés de cette technologie sont déjà en place à la Ville** et qu'on pourrait s'attendre à un **accueil favorable** de leur part, advenant le fait de pouvoir offrir ce type de services spécialisés à l'échelle corporative.

Nonobstant le fait que certains besoins corporatifs peuvent être comblés par impartition, notre étude, en particulier l'analyse avantages-inconvénients et les bancs d'essai réalisés en mode « production », met en évidence plusieurs des **avantages significatifs** d'une disponibilité de l'expertise à l'interne.

Ajoutant à cela des estimations budgétaires raisonnables, il apparaît censé que la Ville mette les moyens nécessaires pour se doter de ressources humaines et technologiques dans ce domaine, quitte à réévaluer la stratégie d'intégration au terme d'un cycle triennal.

INTRODUCTION

La dronautique, ou encore l'ensemble des techniques et technologies entourant l'opération de drones (ou Système d'Aéronef Télépilote - SATP) est un domaine en expansion constante depuis maintenant plusieurs années. Tout d'abord centrée sur le domaine militaire (voir section sur la présentation de la technologie), et à l'instar d'autres ayant suivi le même chemin, cette technologie a émergé dans le domaine civil, profitant d'une diminution des coûts et de la simplification de manipulation qui ont favorisé une « envolée » commerciale. Au-delà du champ d'application ludique, on a pu voir se développer des usages dans des domaines appliqués tels la recherche, l'agriculture de précision, la foresterie ou encore le domaine minier. Les champs d'application de la dronautique sont donc presque illimités, d'autant que le coût des charges utiles (c.-à-d. les capteurs embarqués répondant à une multitude de besoins d'acquisition de données en temps réel, d'analyses territoriales, ou encore de relevés de précision) est à la baisse.

Il est donc logique, voire inéluctable que cette technologie fasse peu à peu son apparition dans la sphère municipale. À la Ville de Laval, certaines démarches sont d'ailleurs déjà en cours, certaines étant même relativement abouties, en ce qui concerne l'acquisition d'une telle technologie (service de Police de Laval). Plusieurs services, on le verra plus loin, songent sérieusement à avoir recours à cette technologie, mais sont freinés par l'évolution rapide de la technologie et surtout de la réglementation s'appliquant à son opération. D'autre part, ce frein peut s'expliquer par une absence d'orientation corporative dans ce domaine, renforcée par un manque d'expertise-Ville permettant de supporter une démarche ponctuelle, ou plus généralisée, de recours à cette technologie en remplacement de technologies plus coûteuses ou moins efficaces, ou encore dans le cadre de nouveaux processus dont la faisabilité est inhérente à l'utilisation de SATP.

Dans ce contexte général, le Centre d'excellence en géomatique (CEG) a été mandaté par la Direction générale de la Ville de Laval pour réaliser un portrait factuel de la situation au regard de cette technologie sous l'angle d'une analyse stratégique coûts-avantages de l'implantation de la dronautique à l'échelle corporative. Cette analyse se veut sans idées préconçues ni parti-pris et ne s'engage pas avec un objectif d'ores-et-déjà identifié, mais au contraire, elle vise à proposer un portrait fiable, aussi précis que possible des principales composantes humaines, techniques, technologies, réglementaires à considérer dans une optique d'internalisation de la technologie.

Notre rapport se compose donc de 10 chapitres principaux. Après avoir exposé les grands axes de la démarche réalisée pour produire cette étude, nous présenterons de manière détaillée la technologie (SATP et équipements afférents). Nous aborderons ensuite les dernières évolutions réglementaires entourant l'opération d'un SATP au Canada et insisterons par ailleurs sur les différentes composantes sécuritaires entourant l'utilisation d'un SATP. Par la suite, nous détaillerons « étape par étape » la manière d'opérer un SATP selon les règles de l'art, c.-à-d. en tenant compte de l'ensemble des paramètres permettant une opération maîtrisée, minimisant les risques humains et matériels et respectant réglementation, confidentialité et vie privée.

Enfin et avant d'aborder les besoins corporatifs dans le domaine, nous aborderons la question de la dronautique au Québec, sous l'angle de la recherche et de l'innovation, des centres de compétences, du marché en général. Ce chapitre sera agrémenté d'une démarche sommaire de parangonnage auprès de plusieurs municipalités du Québec.

Le septième chapitre est consacré à l'identification des besoins corporatifs vis-à-vis de la technologie. Ces besoins ont été cernés et recensés par le biais d'un sondage électronique dont la méthode et les résultats sont développés de sorte de permettre de dresser un portrait général des besoins sous les angles qualitatifs (pour qui, pour quoi?) et quantitatif (combien de fois?). Ce chapitre tient aussi compte des démarches déjà entreprises en particulier par le service de Police de Laval ainsi que dans une moindre mesure par le Service Incendie de Laval.

Ce chapitre en amènera un autre, ayant pour objectif de générer une série de scénarios budgétaires prévisionnels sur un horizon triennal, dont la ligne directrice se fonde sur une proportion plus ou moins importante du recours à l'internalisation ou à l'impartition de la technologie. Ce chapitre orienté sur une analyse quantitative aboutissant à des scénarios chiffrés permettra d'ouvrir le champ à une analyse avantages-inconvénients qui tâchera d'aborder la question sous l'ordre des externalités (positives ou négatives) à considérer dans le processus d'analyse en cours.

Enfin, un chapitre sera consacré à décrire les bancs d'essai qui ont été menés dans le cadre de cette étude et qui ont permis, ce faisant, de confirmer le potentiel d'utilisation de cette technologie dans différents contextes et finalités : finalités opérationnelles (avec le SIL), et de planification urbaine ou environnementale (Urbanisme, Environnement).

En outre, et nonobstant la volonté du CEG de mener cette étude sans idées préconçues sur les conclusions de celle-ci, le service se positionne néanmoins et d'emblée comme un « porteur de dossier » légitime. De par son domaine d'expertise, le CEG est à même d'assumer le cas échéant le rôle de coordonner les activités de dronautique à l'échelle corporative, d'éventuellement assurer un rôle de production et de post-traitement des données, tout en ayant la possibilité d'offrir un service-conseil à destination des différents services qui auront recours à cette technologie, à l'interne ou encore en impartition.

I- Démarche de l'étude

Dans sa démarche exploratoire du potentiel de la dronautique pour ses activités et opérations, la Ville de Laval s'est fixé une série d'objectifs précis. Ces derniers couvriront les divers aspects qui touchent à l'utilisation de cette technologie. L'objectif principal est ici de produire un état des lieux, factuel et objectif, en ce qui a trait à la technologie, la réglementation et la sécurité, tout en exploitant les diverses options qui s'offrent sous l'angle de vue stratégique.

1- Objectifs spécifiques de l'étude

- décrire la technologie des drones et la législation en vigueur,
- identifier les considérations humaines, technologiques, légales, budgétaires associées à l'opération d'un drone, ou d'une flotte de drones, à la Ville de Laval,
- orienter sa démarche d'acquisition de la technologie aux fins opérationnelles sous l'angle stratégique (court, moyen, long termes),
- produire une synthèse des besoins des différents services et divisions,
- produire une analyse coût-bénéfices.

2- Recherche bibliographique

Les sources de références principales utilisées pour cette étude sont le *Règlement de l'Aviation Canadien* (RAC) et les publications du ministère des Transports du Canada. Grands régisseurs des professions aéronautiques, ces instances sont incontournables en ce qui a trait à la recherche documentaire sur les drones, et elles touchent aussi bien à l'aspect légal qu'opérationnel. Nous avons donc trouvé utile et nécessaire d'inclure, à l'annexe 1, un résumé et une copie des articles sur l'utilisation de cette technologie; avec les brochures produites par Transports Canada. Pour compléter le cadre légal, nous sommes aussi référés au reste des lois et règlements qui peuvent concerner cette pratique.

Pour ce qui est de la littérature scientifique, nous nous sommes principalement fondés sur des articles évalués par les pairs et publiés dans des revues scientifiques reconnues. Nous avons aussi consulté des mémoires de recherches académiques et des rapports techniques émanant de centres nationaux d'expertises dans le domaine. Nous avons complété les sources écrites papier par des ouvrages et autres monographies sur le sujet.

De même, nous avons eu recours à des sources non écrites. Nous nous sommes en particulier référés à l'expertise d'organismes nationaux qui travaillent sur le sujet. Nous avons ainsi consulté des spécialistes du domaine au Centre de géomatique du Québec (CGQ) et au Centre d'excellence sur les drones (CED). En ce qui concerne la question de l'état des lieux dans la sphère municipale, nous avons eu des échanges et des entrevues avec des organisations similaires (villes, arrondissement, MRC...) dans le but de partager certaines de nos connaissances et recherches respectives.

En outre, nous avons consulté des quotidiens ou des publications internet et autres blogs portant sur le sujet. Nous justifions cette démarche par la nécessité de chercher un retour d'expérience sur la pratique qui était parfois rare dans les références bibliographiques.

3- Sondage à l'échelle corporative

Pour collecter les besoins et commentaires des différents services et bureaux de la Ville de Laval dans le domaine de la dronautique et de son potentiel de déploiement à l'échelle corporative, nous avons organisé un sondage par questionnaire sur la plateforme « *Survey Monkey* ». Le sondage a eu lieu du 13 au 24 juillet 2019.

La démarche a nécessité que soient ciblés dans chaque service un ou plusieurs volontaires habilités à nous communiquer l'information recherchée. Ces derniers avaient ensuite un peu plus d'un mois pour accéder à la page créée et répondre aux diverses questions sur le sujet.

Le sondage comprenait 26 questions à choix multiples. Les questions (annexe 2) étaient réparties en 6 thèmes qui sont intitulés : contexte du sondage (2), les drones dans votre service (5), besoins de votre service (8), relations avec le domaine aéronautique (3), connaissances générales relatives à l'opération d'un drone (3) et un quizz (5). Selon la question, une ou plusieurs réponses étaient possibles. L'option « *Ne sais pas* » figurait parmi les choix de réponses et, régulièrement, une case était ajoutée pour collecter des commentaires ou autres réponses possibles.

Au total, nous avons sollicité près de 75 employés, desquels 36 ont complété le sondage. Au final, certains des répondants n'avaient pas été sollicités initialement, mais se sont joints à l'exercice en cours par intérêt pour la démarche. Les réponses ont été compilées et rendues anonymes et sont présentées en détail au chapitre VII du présent rapport.

4- Expérience terrain

Dès le début des travaux, il était prévu de conduire quelques missions pour mettre en pratique la « réalité » de ce type d'interventions. Nous avons ainsi organisé trois opérations pour le compte de trois services (Service Incendie, Urbanisme et Environnement et Écocitoyenneté) ayant lieu dans trois circonstances différentes et ainsi reflété la variabilité des contextes opérationnels à l'échelle corporative. Les détails et analyses de cette démarche sont développés dans la partie consacrée aux bancs d'essai.

5- Lexique

Comme tout domaine d'expertise, la manipulation des drones possède ses termes, ses définitions, ses notions spécifiques, ses concepts clés, etc. En somme, elle possède son propre champ lexical. Tout au long de ce rapport nous avons tenu à respecter ces spécificités. Cependant, pour un lecteur étranger à cette sphère, il est impératif d'avoir un guide pour orienter sa compréhension. Aussi, avons-nous inclus cette partie pour l'assister dans cette démarche. En plus des définitions, extraites du *Règlement de l'Aviation Canadien* (RAC) (art 101.01 et 900.01), nous avons présenté une liste de sigles et d'abréviations pour compléter le décodage de ce lexique.

Drone : Terme générique, c'est l'appellation qui revient souvent et qui est la plus utilisée pour désigner ce que Transports Canada a fini par appeler Système d'aéronef télépiloté (SATP) ou *Remotely Piloted Aircraft System (RPAS)*. Il est considéré comme un **aéronef** au sens de la loi.

« [C'] est un terme polyvalent qui désigne tout véhicule pouvant être utilisé sur des surfaces ou dans l'air sans personne à bord pour le commander et dont les dimensions, la forme, la vitesse et une foule d'autres caractéristiques peuvent varier. Il peut s'agir d'un modèle réduit d'aéronef acheté dans un commerce, d'un mini-hélicoptère utilisé par certains corps de police ou d'un aéronef de grandes dimensions envoyé en zone de guerre. »

(Parlement canadien, 2017, p. 1)

Pilote de drone : l'opérateur d'un drone est considéré comme un **pilote** au sens de la loi

Liaison de contrôle et de commande (C2) : Liaison de données entre l'aéronef télépiloté et le poste de télépilotage aux fins de la gestion du vol.

Dronautique : un terme très récent, si récent qu'il n'est pas encore inclus dans les dictionnaires classiques. Larousse (2019), par exemple, ne le reconnaît pas. Le seul qui a proposé une définition, c'est le dictionnaire libre Wiktionnaire : « *Industrie des drones* ». (Wiktionnaire, 2019). Ainsi, ce terme serait la contraction entre les termes drone et aéronautique (Ibid.) et il commence tranquillement à faire son apparition depuis la dernière montée en force de cette technologie.

RAC art. 101.01 : définitions

Aéronef sans pilote : terme qui n'est plus utilisé [Abrogée, DORS/2003-271, art. 1].

Aéronef télépiloté : Aéronef navigable utilisé par un pilote qui n'est pas à son bord, à l'exclusion d'un cerf-volant, d'une fusée ou d'un ballon. (*remotely piloted aircraft*)

Membre d'équipage : (*crew member*) La personne qui, selon le cas :

- a) est chargée de fonctions à bord d'un aéronef pendant le temps de vol;
- b) est chargée de fonctions liées à l'utilisation d'un système d'aéronef télépiloté pendant le temps de vol.

AGL : Au-dessus du sol. (*above ground level*)

ASL : Au-dessus du niveau de la mer. (*above sea level*)

Maintenance : Révision, réparation, inspection obligatoire ou modification d'un produit aéronautique ou enlèvement ou montage de composants sur un produit aéronautique. Sont exclus :

- les travaux élémentaires;

- l'entretien courant;
- les tâches effectuées par le constructeur sur un aéronef avant la délivrance de celui des documents suivants qui est délivré en premier :
 - le certificat de navigabilité,
 - le certificat spécial de navigabilité,
 - le certificat de navigabilité pour exportation. (maintenance).

Maintenance planifiée : Maintenance effectuée à intervalles prédéterminés en application du présent règlement, d'un calendrier de maintenance ou d'une consigne de navigabilité. (*scheduled maintenance*).

Ministre : Le ministre des Transports.

Modèle réduit d'aéronef : terme qui n'est plus utilisé [Abrogée, DORS/2019-11, art. 1].

NOTAM : Avis donné aux aviateurs concernant la création, la modification ou l'état de tout service, installation ou procédure aéronautique, ou les dangers compromettant la sécurité aérienne, dont la connaissance est essentielle au personnel participant à des opérations aériennes. (*NOTAM*).

Petit aéronef télépiloté : Aéronef télépiloté dont la masse maximale au décollage est d'au moins 250 g (0,55 livre) et d'au plus 25 kg (55 livres). (*small remotely piloted aircraft*)

Propriétaire : Dans le cas d'un aéronef ou d'un système d'aéronef télépiloté, la personne qui en a la garde et la responsabilité légale. (*owner*)

Rassemblement de personnes invitées : Nombre quelconque de personnes invitées, par divers moyens, à assister à une manifestation aéronautique spéciale. Sont exclus de la présente définition les juges de compétition, le titulaire d'un certificat d'opérations aériennes spécialisées et son personnel et les membres de l'équipe de soutien d'un participant. (*invited assembly of persons*)

Supplément de vol-Canada (CFS) : Publication d'information aéronautique publiée sous l'autorité du ministre des Transports et du ministère de la Défense nationale destinée à compléter les cartes en route et le Canada Air Pilot. (*Canada Flight Supplement*)

UTC : Temps universel coordonné. (*UTC*)

Véhicule aérien non habité : terme qui n'est plus utilisé [Abrogée, DORS/2019-11, art.1]

Zone de contrôle : Espace aérien contrôlé précisé comme tel dans le *Manuel des espaces aériens désignés* qui, sauf indication contraire de ce manuel, s'étend verticalement vers le haut à partir de la surface de la Terre jusqu'à 3 000 pieds AGL inclusivement. (*Control zone*)

RAC art. 900.01 : Définition

Autonome : Se dit d'un système d'aéronef télépiloté dont la conception ne permet pas l'intervention d'un pilote dans la gestion d'un vol. (*Autonomous*)

Charge utile : Système, objet ou groupe d'objets à bord d'un aéronef télépiloté ou relié à celui-ci sans être essentiel au vol. (*Payload*)

Dérive : Interruption ou perte de la liaison de commande et de contrôle d'un aéronef télépiloté qui fait en sorte que le pilote ne peut plus contrôler l'aéronef et que celui-ci ne suit plus les procédures prévues ou ne fonctionne plus de manière prévisible ou planifiée. (*Fly-away*)

Dispositif de vue à la première personne : Appareil qui génère une image vidéo et la transmet en continu sur un écran ou sur le moniteur du poste de contrôle et qui donne au pilote d'un aéronef télépiloté l'impression de le piloter du point de vue d'un pilote à bord. (*First-person view device*)

Fonctions de détection et d'évitement : Capacité de voir, de prévoir ou de détecter les conflits de circulation aérienne ou tout autre danger et de prendre les mesures préventives appropriées. (*Detect and avoid functions*)

Liaison de commande et de contrôle : Liaison de données entre l'aéronef télépiloté et le poste de contrôle utilisé pour la gestion d'un vol. (*Command and control link*)

Mesure obligatoire : Inspection, réparation ou modification à l'égard d'un système d'aéronef télépiloté que son constructeur estime nécessaire et dont l'omission entraînerait un état dangereux ou potentiellement dangereux. (*Mandatory action*)

Observateur visuel : Membre d'équipage formé pour aider le pilote à assurer la sécurité du pilotage en visibilité directe. (*Visual observer*)

Poste de contrôle : Installations et équipement situés à distance de l'aéronef télépiloté et à partir desquels celui-ci est contrôlé ou surveillé. (*Control station*)

Système d'interruption du vol : Système qui, une fois déclenché, interrompt le vol d'un aéronef télépiloté. (*Flight termination system*)

Visibilité directe ou VLOS : Contact visuel avec un aéronef télépiloté, maintenu sans aide et en tout temps, qui est suffisant pour en garder le contrôle, en connaître l'emplacement et balayer du regard l'espace aérien dans lequel celui-ci est utilisé afin d'effectuer les fonctions de détection et d'évitement à l'égard d'autres aéronefs ou objets. (*visual line-of-sight or VLOS*)

Hors visibilité directe ou BVLOS¹ : Contraire de la visibilité directe (*Beyond Visual Line Of Sight*)

¹ Définition ne figurant pas dans le RAC

II- Présentation de la technologie

Dans cette partie, on s'attardera à décrire les principales composantes technologiques associées aux drones de type aéronautique, en excluant d'emblée la dimension robotique terrestre du terme. Dans une étude générale du parlement sur « *L'utilisation civile des drones au Canada* » (2017), on avait estimé que, vers la fin de 2017, le nombre des drones au Canada avait atteint 337 468 dont 74 % utilisés à des fins récréatives et 26 % pour d'autres finalités (Parlement canadien, 2017, p. 3).

Bien qu'on ait l'impression qu'il s'agit d'un fait nouveau, ces machines ont existé depuis le début du siècle passé (Jobard, 2015; Preveraud, 2015; Le Parisien, 2015). L'apparition des premiers drones remonte à la première guerre mondiale, alors qu'on cherchait à minimiser les pertes humaines parmi les aviateurs. Dans l'ensemble, leur développement s'est fait essentiellement à travers trois époques durant leur évolution : première guerre mondiale, les années 70 et les années 2000.

1- Historique des drones

L'émergence de cette technologie est directement liée aux débuts de l'aviation. En effet, suite aux pertes humaines dues à la fonction de pilote et autres membres d'équipages, l'idée de disposer d'aéronefs autonomes sans humains à bord n'a pas mis longtemps à germer (Jobard, 2015, p. 3). Il s'agit donc de stabiliser un engin autonome dans les airs et de pouvoir le téléguider. Pour ce qui est du téléguidage, il a été mis en œuvre dès 1898 et la stabilisation a vu le jour avec la mise au point du gyroscope en 1909 (Ibid.).

Ainsi les premières utilisations étaient menées par et pour des militaires. On fabriquait des cibles pour l'entraînement des avions de chasse et autres missiles ailés (Guermonprez, 2014, p. 14). De conflit en conflit, on a affiné les possibilités d'utilisation de cet outil, que ce soit pour espionner, pour collecter des données ou simplement pour attaquer (Gavelle, 2015; Jobard, 2015; Guermonprez, 2014; Freeman et Freeland, 2014; Gupta et al, 2013).

Si on s'accorde à dire que l'époque des années 60/70 a représenté un second départ pour cette technologie, toujours dans un cadre militaire ou en bénéficiant, on diverge sur la désignation de ses origines. Ainsi, selon le magazine Industrie et technologies (2015) : « *L'utilisation des drones militaires se développa lors de la Guerre de Corée, puis de la Guerre du Vietnam pour des missions d'observation et de surveillance [...]. On les retrouvera ensuite lors de la Guerre du Kippour entre Israël et les nations arabes.* » (Preveraud, 2015). Le *Parisien*, pour sa part, indique que le drone est avant tout une invention militaire dont les racines remontent aux laboratoires de l'Industrie de l'Aéronautique Israélienne et que l'ingénieur franco-israélien David Harari « [...] a inventé dans les années 1970 le tout premier drone moderne doté d'une caméra et baptisé Scout. » (Le Parisien, 2015).

Bien que la plus récente vague ait commencé à déferler depuis 2010, elle prend ses racines dans des changements qui ont eu lieu dans d'autres domaines. C'est que l'avènement des drones civils a accompagné une série d'évolutions et de ruptures technologiques qui ont

débuté avec les années 2000 (Jobart, 2015, p. 17). L'évolution en positionnement géographique, la miniaturisation des « *microsystèmes électromécaniques* » (*Microelectromechanical systems : MEMS*) ou encore l'amélioration des composantes sont autant d'exemples d'avancées qui ont profité aux parties du drone (Ibid.). La différence avec cette dernière transformation c'est que la population civile a participé à faire évoluer les différentes composantes du drone; en profitant au passage pour développer des applications hors du domaine militaire.

2- Modèles et spécificités techniques

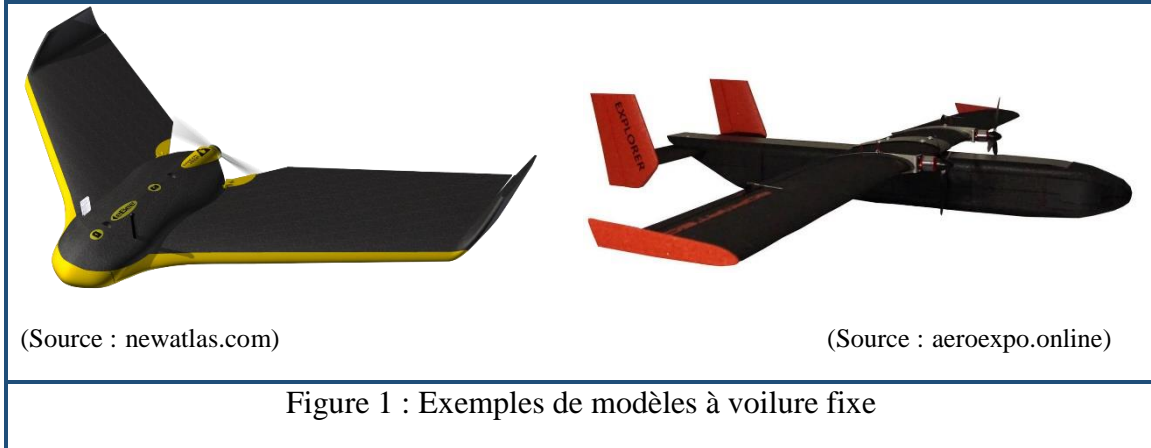
Il existe une multitude de modèles ou de types de drones et on peut utiliser différents critères pour en dresser une typologie (taille, forme, dimensions, vitesse, etc.). Pour cette étude, nous nous attarderons seulement à ce que la réglementation appelle **petit aéronef télépilote**; dont la masse est inférieure à 25 Kg. Aussi, avons-nous retenu la distinction utilisée dans l'aviation classique, c'est-à-dire en se basant sur la théorie du vol qui régit la façon d'évoluer dans l'espace de chaque type de véhicule. On distingue ainsi deux types :

a- Voilure fixe

Ils ont l'apparence d'un avion classique et suivent la même théorie de vol, à savoir la portance nécessaire au vol produite par un écoulement laminaire de l'air sur les ailes. Tout comme un avion, ils possèdent une aile, un fuselage, une dérive et un empennage. Ils peuvent avoir des ailes de différentes formes : droites, en flèche, en delta... Ils ont au moins un moteur et ils décollent sur roues, par catapulte ou par simple lancement dans les airs. « *Il en existe deux sous-familles : les avions et les ailes volantes.* » (Jobard, 2015, p. 22).

Ces types de drones sont utilisés, en général, pour des tâches de cartographie ou de surveillance et de suivi de phénomènes naturels. Ils bénéficient d'une plus grande autonomie de vol et sont bien adaptés aux inspections linéaires (Ibid.). Par contre, pour amorcer un virage, ils ont besoin d'une action prolongée sur les gouvernes, décrivant ainsi une courbe de rayon relativement large. Ils ont donc besoin d'un certain temps pour corriger l'effet d'une rafale qui les a fait dévier de leur trajectoire et reprendre le plan de vol initial (Ibid., p. 23).

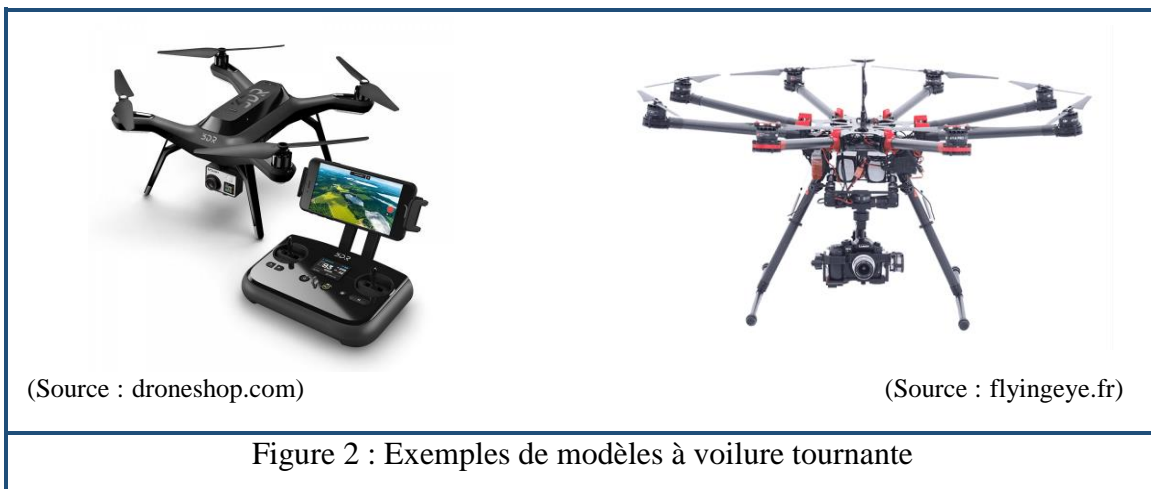
La figure 1 illustre deux exemples de drones à voilure fixe. Le modèle de gauche est le « *eBee* » de « *senseFly* ». Il s'agit d'une aile volante de 70 cm d'envergure, commercialisée avec un logiciel de gestion de vol et de post-traitement. Celui de droite est un « *Explorer* » de « *Bormatec* ». C'est un avion en kit, bimoteur de 220 cm d'envergure, qu'on monte en fonction d'un besoin spécifique.



b- Voilure tournante ou VTOL

Appelés aussi multicoptères, ou *Vertical Take-Off and Landing* (VTOL) en anglais, ils peuvent avoir un ou plusieurs moteurs et volent sensiblement selon les mêmes règles de vols que les hélicoptères : Ils sont capables de vol stationnaire et ont la capacité de décoller et d’atterrir verticalement. Ils se stabilisent et se dirigent par modulation, précise et synchronisée, de la vitesse de rotation des hélices; caractéristique réservée aux moteurs électriques (Jobard, 2015, p. 27). Le nombre élevé de moteurs, par rapport aux drones à voilure fixe, fait que leur durée de vol est moindre, mais leur capacité de charge est supérieure (Ibid.).

Ils permettent plus de flexibilité lors des opérations, à cause de leur liberté de mouvement dans l’espace. De ce fait, ils sont souvent utilisés dans des missions d’inspection de bâtiments ou d’édifices et autres ouvrages. On les trouve aussi sur les plateaux de tournage où on a besoin de transporter des caméras qui peuvent être lourdes. La figure 2 donne deux exemples de drones à voilure tournante. Le modèle de gauche est un « Solo » de « 3D Robotic ». C’est un quadricoptère compatible avec plusieurs logiciels de gestion de vol. Celui de droite est le « S1000 » de « DJI », un octocoptère en kit qu'on monte en fonction d'un besoin spécifique.



Les types et modèles décrits ci-haut figurent parmi les modèles communs et les plus répandus dans la gamme des ATP dont la masse est inférieure à 25 Kg. Outre la classification retenue dans cette étude, il existe d'autres types de SATP aux caractéristiques spécifiques. Citons l'exemple des aéronefs à décollage et atterrissage vertical, mais qui évoluent selon la théorie de vol des aéronefs à voilure fixe, alliant ainsi la flexibilité des départs et arrivées de l'ATP à une plus grande autonomie de vol. Ou encore, les SATP qui utilisent une liaison filaire pour apporter énergie et commandes à l'aéronef, ce qui permet d'assurer de longues missions de surveillance, avec la limite évidente de longueur du fil. Les chercheurs ne cessent de proposer de nouvelles innovations. Certaines entreprises ont développé une gamme dite « biomimétique », notamment une société américaine qui a présenté un drone inspiré du colibri en 2011 (Parlement canadien, 2017, p. 2).

c- Comment choisir son drone?

Il n'existe pas de modèle parfait ou capable d'assurer tous les types de missions, mais différentes sortes d'appareils, ayant des caractéristiques variées (techniques de vol, instrumentation, capacités...). Par exemple : un gros drone, avec de nombreux capteurs et systèmes d'assistance au pilotage, aurait une bonne stabilité de vol et produirait des images de bonne qualité. Il aurait, par contre, l'inconvénient d'être encombrant durant le transport, dispendieux à l'achat et d'impliquer un déploiement qui pourrait prendre de longues minutes.

Pour choisir le bon drone, il faut analyser l'ensemble du système et non seulement le véhicule volant (Guermontez, 2014, p. 59). En effet, dépendamment de l'opération à réaliser, on peut privilégier certains critères techniques (autonomie, stabilité en vol, affichage des paramètres de vol...) qui peuvent être discriminant dans notre processus de choix (Ibid.). Il s'agit de se poser des questions précises en fonction des besoins escomptés :

- Avons-nous besoin d'un drone (robot) ou d'un SATP?
- Avons-nous besoin d'une transmission vidéo en temps réel?
- Avons-nous besoin de visualiser les paramètres de vol?
- Quelle est la charge utile à emporter?
- Quelle est la nature de l'espace dans lequel évoluera la machine?
- Y a-t-il proximité de feu de grande envergure? (fumée et convection)
- Quelles sont nos contraintes opérationnelles en rapport avec le transport, la manipulation et le déploiement du SATP?
- Quelle est sa résistance aux conditions météorologiques?
- Quelle est la proximité des points de décollage et d'atterrissage avec le lieu de la mission? (autonomie)

Pour l'institution comme pour l'individu, il vaut mieux commencer par un petit modèle. En premier lieu, il est plus facile à manipuler. Ensuite, la portée d'une mauvaise expérience sera limitée en cas d'abandon de projet ou notamment en cas de crash; « *Car il y en aura!* » (Jobart, 2015, p. 140). Avec le temps, les capacités de pilotage, les besoins opérationnels et les limites de la machine seront mieux identifiés. Enfin on décidera de la

question du télépilotage ou pilotage automatique. « *Qu'un cinéaste souhaite piloter lui-même pour filmer une scène aérienne, soit. Mais un service de livraison par drone à grande échelle n'aura de sens que s'il est réalisé sans pilote.* » (Guermonprez, 2014, p. 60).

3- Les logiciels de commande et de traitement

La grande majorité des drones modernes sont à base de composants électroniques qui génèrent beaucoup de données numériques, notamment les capteurs des paramètres de vol. Les logiciels ont donc pour rôle de traiter cette information, de la visualiser et de la stocker. Il existe deux groupes de logiciels qui peuvent intervenir dans l'opération du drone : le logiciel de gestion de vol et celui du post-traitement. Ces logiciels peuvent être payants ou non, et pour certains, disponibles en *open source*. À cela s'ajoute une série d'applications qui peuvent fournir une aide utile.

a- Logiciel de gestion de vol

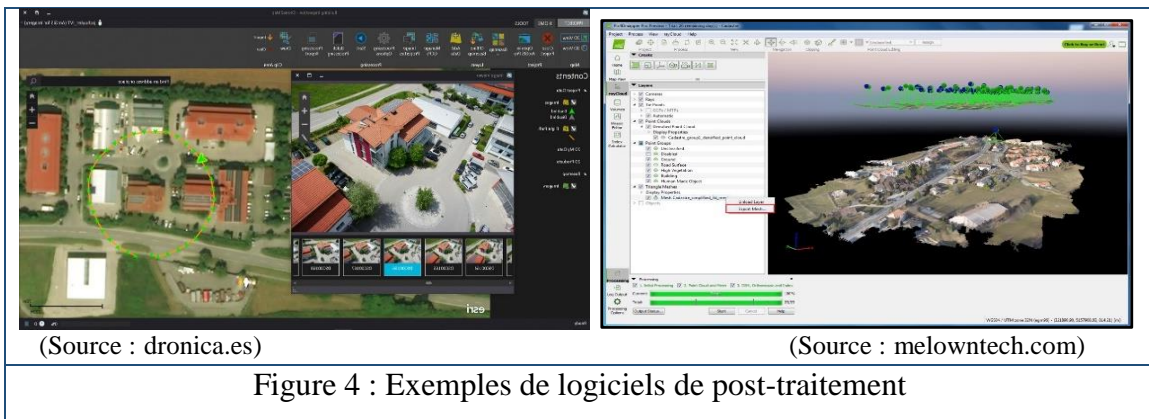
De façon générale, un drone voit son vol géré essentiellement par l'entremise de la radio commande qui l'accompagne. Cependant, certains modèles sophistiqués sont vendus avec un logiciel permettant de configurer plus de paramètres que la simple radio commande. D'autres logiciels, en fonctions de considérations de compatibilité, peuvent assurer la commande de certains ou de plusieurs modèles de drones. La figure suivante présente deux exemples de logiciels de vol. À gauche le « *eMotion* » de « *Sensfly* », logiciel de gestion de vol spécifique au modèle « *eBee* ». À droite le « *Q Ground Control* », un logiciel en *open source*, compatible avec plusieurs drones.



b- Logiciel de post-traitement

La phase du post-traitement est essentiellement prise en charge par les spécialistes en photogrammétrie. En effet, il s'agit d'une démarche de traitement des images par des manipulations sur logiciels spécialisés après le vol. Dépendamment des applications, il peut y avoir une multitude de logiciels qui peuvent traiter les produits des capteurs embarqués. Par exemple, on ne traite pas les données Lidar avec les mêmes programmes que les données provenant d'images. Certains services, provenant en général de grandes firmes, peuvent prendre en charge le drone de la gestion du vol jusqu'au produit fini.

Les produits des logiciels de post-traitement sont de natures différentes et variées. Pour n'en citer que quelques exemples, on parle de modélisation 3D, de mosaïque d'images, de modèles numériques de surface (MNS) et de terrain (MNT), de nuages de points... Ils deviennent, généralement, une base de travail pour les spécialistes en géomatique. En appliquant certains types de filtres ou de transformations, ils sont capables d'aller chercher des renseignements utiles comme les paramètres biophysiques des plantes ou du couvert végétal dans le cas d'une forêt et bien plus encore. Nous illustrons, à travers la figure 4, deux exemples de logiciels de post-traitement. Le « *Drone 2 map* » de « *ESRI* », à gauche, est une application de gestion des paramètres de vol et pour divers types de post-traitement. À droite, le « *PIX4D mapper* ». Il ne fait que du post-traitement et les options, mises à la disposition de l'utilisateur, sont limitées.



En soutien aux logiciels de commande et de traitement, il existe une multitude d'applications qui apportent une aide utile à l'équipage, que ce soit pour la gestion et la direction du vol ou bien pour le classement et le stockage des données générées. Sans être exhaustifs, nous parlons d'applications qui synthétisent les rapports météo et les maintiennent à jour, d'autres peuvent renseigner sur l'état du champ magnétique ou sur la disponibilité et l'état de la constellation de satellites du signal GPS. Ces applications ne sont pas obligatoires ni même nécessaires au bon déroulement d'une mission.

c- Comment choisir le bon logiciel?

Le choix du matériel était relativement facile en comparaison de la même tâche appliquée aux logiciels. « *Il n'est pas simple de trouver de meilleurs moteurs, hélices ou batteries, à moindre coût, que ceux choisis par DJI ou Parrot.* » (Guermonprez, 2014, p. 62). C'est que, au niveau équipement, les constructeurs de drones sont arrivés à un niveau de perfectionnement assez avancé. Cependant, les logiciels peuvent représenter un vaste champ de recherche et développement pour arriver avec l'application qui correspond le mieux aux spécificités d'un type donné de missions (Ibid.).

Le choix dépendra surtout du type de livrable à produire et du type de traitement escompté. C'est majoritairement une question d'adéquation besoin-moyen-solution. En effet, en fonction de la nature de notre travail, une gamme de logiciels peut se trouver retirée de notre « catalogue ». Déterminer les contraintes financières peut en retirer d'autres, et ainsi

de suite. Ne pouvant cerner tous les cas de figure, nous proposons quelques exemples d'interrogations qui peuvent aider dans le processus de choix :

- De quel type de livrable avons-nous besoin?
- Quels niveaux de qualité et de précision sont exigés?
- De quelles ressources (humaines et matérielles) disposons-nous pour le faire?
- Avons-nous besoin d'un accès aux données simultanément à leur collecte?
- De quels types de traitements avons-nous besoin?
- De quels types de fichiers aurons-nous besoin comme produit?

4- Composition d'un Système d'Aéronef Télépilote

Qu'il soit à voilure fixe ou tournante, un drone est en fait un **système** d'aéronef télépilote. L'appellation système est due au fait qu'il est composé de trois parties distinctes dont le fonctionnement coordonné assure une envolée stable, maîtrisée et sécuritaire. Ces parties sont le véhicule aérien proprement dit (ATP), la station de commande au sol (PC) et le système de liaison et transmission des données (C2) (Gupta et al, 2013, p. 1647); en plus d'autres équipements dont la charge utile.

a- L'aéronef télépilote (ATP)

Jouet ou grand modèle professionnel, les SATP obéissent tous aux mêmes règles et principes de vol. Ce qui les différencie, essentiellement, c'est le niveau de technologie embarquée. Le véhicule volant est formé par des groupes de composantes qui assurent son fonctionnement et qui sont le programme d'autopilotage, les actionneurs qui exécutent les manœuvres de vol, la chaîne de motorisation et les systèmes de liaison (Jobart, 2015, p. 37).

b- Le poste de contrôle (PC)

La station au sol renferme l'équipement de contrôle (direct ou indirect), l'équipement de retour vidéo et l'équipement informatique (Ibid., p. 49). Elle peut prendre différentes formes, dépendamment de l'ampleur de la mission : de la simple commande, pour un jouet, à la cabine de pilotage ambulante, pour les opérations de grande envergure. Ces stations assurent toutes la même tâche primordiale, à savoir le commandement des opérations. En somme, un poste de contrôle peut assurer le pilotage du véhicule, la gestion du vol, la visualisation des paramètres ou aussi le stockage de données.

c- La liaison de commande et de contrôle (C2)

Indispensable au vol, c'est une liaison bidirectionnelle (montante et descendante) entre émetteur et récepteur appariés. Elle est donc moins sensible aux interférences provenant d'autres émetteurs. Elle peut aussi être établie entre deux modems : un à bord de l'aéronef et l'autre au poste de contrôle, branché à un ordinateur. La liaison montante est celle qui transmet les ordres du sol à l'ATP et elle est appelée liaison de contrôle (Jobart, 2015, p. 41).

Dans l'ensemble du système, cette liaison représente un maillon faible. En effet, malgré les efforts des industriels pour mettre au point divers types de liaisons fiables, la complexité des environnements opérationnels fait que les pertes de liaison sont à forte probabilité

d'occurrence (Transports Canada, 2019b, p. 23)². Les raisons de ces pertes peuvent être d'origines diverses, allant de la défaillance d'équipement aux interférences, en passant par l'erreur humaine et les conditions atmosphériques ou météorologiques (Ibid.).

Pour la plupart des SATP sur le marché, ces liaisons sont établies sur les fréquences de 2,4 GHz ou 5,8 GHz, qui n'exigent pas la détention de licences. Ces bandes se trouvent donc encombrées par la prolifération des instruments les utilisant; notamment dans les régions urbaines. Les radios qui utilisent la fréquence 5,8 GHz disposent de plus de largeur de bande par rapport à celles qui émettent sur la fréquence 2,4 GHz. Les dispositifs qui risquent de causer de l'interférence sur ces fréquences comprennent les routeurs Wi-Fi, les dispositifs Bluetooth, les fours à micro-ondes, les microphones et les claviers sans fil, pour les bandes de 2,4 GHz, les téléphones sans fil, les blocs d'alimentation électrique en courant alternatif et d'autres SATP, pour celles de 5,8 GHz (Ibid., p. 24).

5- Charge utile et types de capteurs

Les charges utiles et autres capteurs ne sont pas obligatoires au vol, car il n'y a pas de règlement qui impose leur présence à bord. Cependant, ils sont indispensables pour l'exécution des missions. Des capteurs ont été conçus pour toutes les ondes du spectre électromagnétique (Provencher & Dubois, 2007, p. 64). Ils peuvent enregistrer un rayonnement réfléchi et sont donc qualifiés de passifs (ex : capteurs optiques). Ils peuvent aussi émettre un rayonnement électromagnétique pour enregistrer son retour et sont alors qualifiés d'actifs, tels les Lidars. En somme, ils enregistrent un rayonnement réfléchi ou émis par les objets et le convertissent en un signal numérique. Le rayonnement peut provenir de deux types de sources (Tourino Soto, 2012, p. 112) :

- du Soleil ou de la Terre en tant qu'émetteurs et de réflecteurs naturels,
- d'émetteurs artificiels tels les radars.

La grande majorité de ces instruments mesurent la réflectance de l'objet visé. D'autres détectent la transmittance, l'émittance ou encore la fluorescence (Huet & Jullien, 2005). Le traitement d'image vise donc à extraire des variables thématiques qui représentent des caractéristiques biophysiques de la couverture végétale, des sols et de l'eau dont les interactions avec le rayonnement électromagnétique sont régies sur des bases physiques. (Caloz & Collet, 2001, p. 217).

Il existe des capteurs de toutes formes et pour différentes bandes spectrales. Si nous tentons de les présenter, nous n'aurons pas la latitude d'être exhaustifs. Nous avons donc choisi de donner au lecteur des exemples à titre indicatif. En commençant par le domaine du visible, on trouve les capteurs pour images et vidéo. Ce sont les mêmes formats que les médias conventionnels qu'on utilise pour « immortaliser » des souvenirs ou documenter un événement. Ils sont produits par des caméras conventionnelles embarquées de différentes façons, stabilisées ou non, sur les ATP ou par un capteur intégré dans la structure de la machine.



² Cette référence bibliographique n'a pas été publiée. C'est une ébauche d'une circulaire d'information développée par TC et qu'on peut obtenir via un lien sur la page de « *sécurité des drones* ».



Les formats image, appelés aussi RGB (pour les termes anglais des trois couleurs primaires rouge, vert et bleu), sont générés dans différents types de fichiers dont les plus répandus sont les *.JPG et les *.TIF. En dehors des finalités artistiques ou récréatives, ils servent essentiellement à la production de données géo référencées à travers, par exemple, le processus de mosaïques d'images par photogrammétrie ou à la modélisation en trois dimensions du terrain ou d'objets présents à la surface du sol. Dépendamment des caméras, ces fichiers peuvent contenir les métadonnées qui serviront au positionnement des photos lors des opérations de post-traitement.

Pour les spectres de fréquences en dehors du domaine du visible, on peut trouver un capteur pour une bande spécifique, comme le proche infrarouge (PIR). De son côté, le capteur multispectral va permettre l'observation simultanée dans plusieurs bandes, en multipliant les capteurs ou en décomposant le spectre de lumière. On trouve aussi le capteur thermique qui utilise la détection de chaleur pour montrer des formes aux températures différentes ou même effectuer des mesures en temps réel sur les objets exposés. Pour ces capteurs, le produit peut être soit une image pour certains, soit une séquence vidéo pour d'autres.

Un dernier capteur fait une apparition de plus en plus remarquée dans le domaine de la collecte de données par SATP; le Lidar, incluant ses variantes. C'est le seul capteur actif dans la liste susnommée. Comme le radar, il éclaire l'objet visé par un rayon électromagnétique, en l'occurrence un laser, pour enregistrer ensuite le rayon réfléchi. Grâce à l'information recueillie, il génère un nuage de points (x,y,z) qui restituent avec une grande précision le relief de l'environnement visé. Le tableau suivant illustre quelques exemples des capteurs déjà cités.

Tableau 1 : Exemples de charges utiles

 <p>(Source : drone.ceramglaz.com)</p>	<p>Caméras « Canon » : 1 RGB et 2 exemples de capteurs dédiés à une bande spécifique.</p>
 <p>(Source : aerial-shop.com)</p>	<p>Capteur thermique « FLIR »</p>
 <p>(Source : Feki, 24-09-2019)</p>	<p>Caméra multispectral à 5 bandes, par multiplication des capteurs. « RedEdge » de « MicaSense ».</p>

 <p>(Source : Feki, 24-09-2019)</p>	<p>Lidar « <i>YellowScan</i> » pour drone</p>
 <p>(Source : Feki, 24-09-2019)</p>	<p>Lidar couplé à une centrale inertielle et une caméra RGB. Pesant 3.5 Kg, il est spécifiquement développé pour être embarqué par un SATP.</p>

Grâce aux avancées technologiques récentes, les différents instruments électroniques utilisés dans les captations aériennes ont énormément gagné en légèreté, aidant ainsi les drones qui, eux, ont gagné en capacité de charge embarquée. C'est surtout les avancées en matière de miniaturisation des composantes couplées aux progrès en informatique qui ont fait de cet outil un système aéroporté léger de télédétection autonome (Bélangier & Bouroubi, 2015, p. 10).

Ce qui détermine le choix de la charge utile, après qu'on ait déterminé le type de capteur souhaité, ce sont : sa masse, ses dimensions et sa capacité à s'intégrer à la machine. Par contre, ce qui détermine comment effectuer son montage dans la cellule c'est le manuel constructeur. Il doit indiquer clairement la capacité de transport du SATP et son impact sur les caractéristiques opérationnelles. (Transports Canada, 2019b, p. 22).

6- Équipements afférents

Une mission représente bien plus que le seul choix du SATP. Un drone ne saurait accomplir sa mission sans l'aide d'autres équipements au sol, dans le poste de contrôle ou ailleurs sur le terrain d'intervention. Ils sont multiples et leurs usages n'ont d'autre limite que l'imagination du pilote qui commande l'opération. Ils n'ont pas tous le même niveau d'utilité et leur présence dépend essentiellement de la nature de la mission. Par exemple : on n'utilise pas d'équipement de marquage pour les points de contrôle au sol (*Ground Control Point*) dans une mission d'inspection à infrarouge thermique d'un bâtiment.

Nous ne pouvons ici en dresser la liste exhaustive, c'est pourquoi nous avons pensé à résumer, dans le tableau 1, le rôle et le niveau d'obligation de quelques exemples les plus couramment répandus. Nous avons établi une échelle en fonction de l'ordre d'obligation de chaque équipement qui se présente comme suit :

- obligatoire (obl.) : dicté par la loi ou un règlement,
- nécessaire (ind.) : on ne pourra pas fonctionner sans,
- optionnel (opt.) : préférable à avoir.

Tableau 2 : Exemples d'équipements requis pour une opération

Équipement	Fonction	niveau d'utili		
		obl.	ind.	opt.
Balayeur de fréquences	Vérifie l'état des bandes de fréquences et l'interférence			X
Balisage	Équipement de marquage et d'indication			X
Booster d'antenne	Augmente la force d'un signal électromagnétique			X
Cartes	Cartes aéronautiques, positionnement		X	
CFS	Supplément de vol canadien, information sur les installations aéronautiques		X	
Charge utile	outil principale, après le SATP, pour une mission		X	
Check-list	Liste de vérification des procédures pour chaque étape du vol	X		
Énergie électrique	Source d'apport d'énergie électrique			X
Extincteur	Extincteur de feu chimique	X		
GCP	prélever des points GPS pour la correction géométrique		X	
GPS	Pour prélever les points de contrôle au sol		X	
Ordinateur/Tablette	Commander ou programmer certaine étapes du vol. gestion des données		X	
Radio UHF	Pour communiquer sur les fréquences aéronautiques		(X)	X
Registre de vol	Enregistrer les heures de vol du pilote, de l'équipage et de l'équipement	X		
Registres maintenance	Relevé des opérations de maintenance et d'entretien	X		
Relevé d'activité	démontrer la mise à jour des connaissances	X		
SOP	Manuel opération de la compagnie		X	
Trousse premiers soins	aide à prodiguer les premiers soins en cas d'accident/incident	X		
Walkie-Talkie	Communication sol-sol entre membres d'équipage		(X)	X

LES BATTERIES :

Les batteries au lithium constituent un organe sensible du SATP et elles sont à haut risque d'accident si mal gérées ou manipulées sans l'attention nécessaire. Ce « *sont des marchandises dangereuses au même titre que l'essence, le propane et l'acide sulfurique.* » (Transports Canada, 2019i, p. 1). La plupart des batteries de drone utilisent la technologie Lithium-ion Polymère qui a la caractéristique d'avoir le meilleur apport énergétique par unité de masse (Flyingeye, 2019).

Bien qu'elles soient généralement sécuritaires, elles ne sont pas à l'abri d'une surchauffe ou même de prendre feu, lequel peut se propager aux autres batteries. Pis encore, « *Ces incendies sont difficiles à éteindre et produisent des fumées toxiques et irritantes.* » (Transports Canada, 2019i, p. 2). C'est la raison pour laquelle TC a établi un règlement encadrant leur manutention, leur transport, leur classification, leur documentation, et leur étiquetage... (Ibid., p. 5).

Voici quelques recommandations pour mieux préserver les batteries et favoriser la prolongation de leurs durées de vie (Flyingeye, 2019) :

Stockage de la batterie

- une batterie ne doit pas être stockée chargée à 100 %, seulement à 20 ~ 40 %,
- le stockage se fait mieux au frais (entre 0 et 18 °C),
- il est recommandé d'utiliser une armoire ignifuge pour un stockage sécuritaire,

Charge de la batterie

- il est conseillé de la charger à une température comprise entre 15 et 25 °C (il est important de mettre la batterie à température avant de la charger),
- avant de la mettre en charge, attendre 1 à 2 heures après l'utilisation pour permettre à sa chimie interne de se stabiliser,
- utiliser uniquement le chargeur qui est vendu avec; sous peine de l'endommager irrémédiablement et perdre la garantie,
- il est recommandé de déposer la batterie dans un sac ignifuge durant le chargement,

Utilisation

- lorsque c'est possible, privilégier une utilisation à une température extérieure comprise entre 15 et 25 °C,
- éviter de la décharger en dessous du seuil de 20 à 25 %,

Batterie neuve

- ne pas décharger à plus de 40 % une batterie neuve pendant les 4 premiers cycles.

Note au lecteur : Dans cette partie, nous avons présenté et détaillé les composantes de ce qui est communément appelé drone. Pour le reste du rapport, nous décidons d'abandonner ce terme en le remplaçant par SATP et ce dans un objectif de justesse du propos. Précisons toutefois que ce dernier doit se lire comme représentant seulement les systèmes dont l'ATP pèse entre 250 g et 25 kg.

III- Règlementation concernant l'opération d'un SATP

L'activité dans l'espace aérien canadien est régie par la *Loi sur l'aéronautique* et ses règlements, notamment le *Règlement de l'aviation canadien* (RAC) (Parlement canadien, 2017, p. 4). Ce dernier réunit les règles de l'air et les ordonnances de la navigation aérienne en une seule publication composée de dix parties (Canada, 2019a). Il est entré en vigueur le 10 octobre 1996 après une révision complète portant sur la sécurité aérienne. En plus de renforcer l'aspect sûreté, cette version se voulait plus complète et plus facile à comprendre (Transports Canada, 2019a).

Avec le gain en popularité des SATP, un besoin indéniable d'adapter la réglementation à cette technologie a émergé. Ainsi en 2010, Transports Canada (TC) a mis sur pied un groupe de travail ayant pour mandat de recommander les changements nécessaires (Parlement canadien, 2017, p. 4). Jusque-là, on légiférait à travers des arrêtés d'urgence, le premier datant du 25 mars 2011 (Canada, 2019b). Avec l'avancement des travaux on adaptait certaines mesures qu'on publiait dans des arrêtés subséquents.

La manipulation d'un SATP était considérée comme une opération aérienne spécialisée qui nécessitait l'obtention d'un certificat dédié. L'opérateur devait démontrer dans une demande son habileté à anticiper les impacts de ses activités sur la sécurité, demande qui était étudiée au cas par cas. Ainsi, on gérait les activités reliées aux SATP au moyen de Certificats d'Opérations Aériennes Spécialisées (COAS), dont les exigences, le contenu et la forme évoluaient au gré des arrêtés d'urgence. Bien qu'avec cette méthode on soit parvenu à préserver la sécurité aérienne, la procédure entourant la demande de COAS prenait du temps et était même lourde pour TC (Parlement canadien, 2017 : 5).

Depuis le 1er juin 2019, de nouvelles règles et pratiques sont entrées en vigueur pour encadrer l'utilisation des SATP. Ainsi, la partie IX du RAC lui est dédiée et certains articles d'autres parties ont également été amendés pour y inclure des mesures se rapportant aux SATP. Nous avons résumé, à l'Annexe 1, l'ensemble des articles se rapportant à l'usage de cette technologie.

1- Cadre réglementaire et instances gouvernementales

L'intégration des SATP dans le RAC et l'encadrement de leur utilisation est une reconnaissance du fait que cette technologie fait désormais partie de la sphère aéronautique régie par le gouvernement fédéral. Transports Canada considère les drones comme des aéronefs, ce qui fait de leurs utilisateurs des pilotes. De ce fait, tous deux sont soumis à la juridiction des autorités qui administrent l'espace aérien canadien, à savoir, le ministre des Transports et le ministre de la Défense nationale, pour toute question relative à la défense (Transports Canada, 2019e).

La législation encadrant tout ce qui touche à l'aéronautique, ce qui inclut les ATP, est la *Loi sur l'aéronautique* de laquelle découle le *Règlement de l'aviation canadien*. Ce dernier ne s'applique toutefois qu'à l'espace aérien et exclut les lieux souterrains et intérieurs (Canada, 2019a, art.102.01 al. b.1). En outre, la *Charte des droits et libertés de la personne*

ainsi que les dispositions du Code civil du Québec relativement au droit à la protection de la vie privée trouvent également application lorsqu'il est question d'observer des personnes ou de les photographier, auxquels cas il faut obtenir un consentement de ces personnes avant de communiquer des images qui contiennent des renseignements personnels qui les concernent. Enfin, en plus des amendes qui peuvent lui être infligées lors d'une utilisation non conforme de son ATP, un utilisateur pourra également être tenu responsable des dommages qu'il cause à autrui et faire face à des accusations civiles ou même criminelles. En effet, une utilisation malveillante d'un SATP peut mener à des accusations très sérieuses.

En ce qui concerne l'application de la *Loi sur l'aéronautique* et ses règlements, TC est l'entité responsable de le faire, hormis les questions de défense nationale. Il en gère l'administration, veille à son respect et assure la sécurité aérienne. Il délègue cependant le contrôle de la circulation aérienne à Nav Canada, qui fournit également des services d'information de vol et procure d'autres informations essentielles sur l'espace aérien, les aménagements, les procédures et les dangers (Nav Canada, 2019a). Il est l'un des plus importants fournisseurs de services de navigation aérienne (FSNA). C'est une entreprise canadienne, privée et indépendante, qui a l'exclusivité de la gestion de l'espace aérien canadien par ses divers centres et services (Nav Canada, 2019b).

2- Catégories d'opérations des SATP

Du point de vue des opérations, le RAC les caractérise en deux types : opérations avancées (section V et VI) et opérations de base (section IV). Pour les opérations avancées, l'article 901.62 du RAC précise les SATP pour lesquels la section V s'applique et détermine de quelle manière ils sont destinés à être utilisés :

- dans un espace aérien contrôlé,
- à une distance de moins de 30 m, mais d'au moins 5 m, mesurée horizontalement et à n'importe quelle altitude, d'une personne, à l'exception d'un membre d'équipage ou d'une autre personne participant à l'utilisation,
- à une distance de moins de 5 m, mesurée horizontalement et à n'importe quelle altitude, d'une personne,
- à une distance inférieure à trois milles marins du centre d'un aéroport ou à un mille marin d'un héliport.

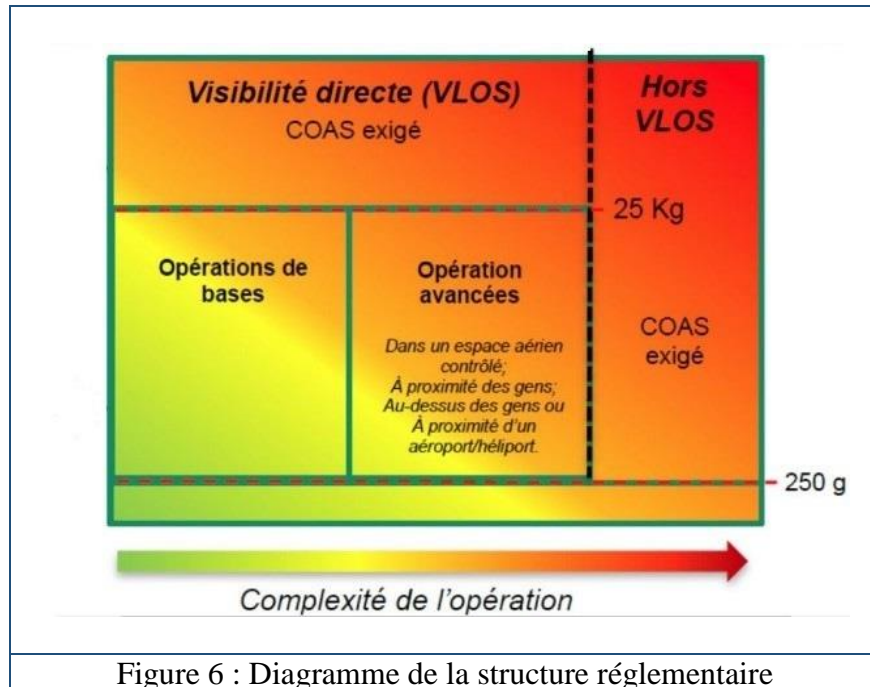
Afin de pouvoir entreprendre des opérations avancées, le pilote doit avoir au moins 16 ans et avoir réussi le processus qui mène à l'obtention d'un certificat de pilote de petits ATP pour opérations avancées (art. 901.63). De plus, il doit veiller à ce que l'ATP qu'il utilise soit conforme aux exigences établies pour mener des opérations avancées (art. 901.69). Par ailleurs, malgré l'interdiction générale de l'article 901.14 du RAC de pénétrer dans un espace aérien contrôlé ou réglementé, l'article 901.71 du RAC vient préciser les conditions dans lesquelles les opérations avancées peuvent avoir lieu dans un tel espace. Il s'agit d'obtenir l'autorisation de l'organisme qui fournit les services de circulation aérienne, en l'occurrence Nav Canada. Pour ce faire, il s'agit de remplir un formulaire sur le site Internet de Nav Canada et d'attendre de 2 à 14 jours pour recevoir la réponse (Nav Canada, 2019c).

Pour les opérations de base, les ATP visés sont ceux qui ne sont pas destinés aux opérations avancées (art. 901.53). De ce fait, tout espace en dehors de ceux mentionnés dans l'article 901.62 du RAC est par défaut un espace dans lequel on peut mener des opérations de base. Par rapport à l'ATP, aucune permission spéciale n'est requise, du moment que le SATP remplit les exigences sécuritaires d'usage. Le pilote désirant effectuer ce type d'opérations doit avoir au moins 14 ans et détenir un certificat pour opérations avancées ou un certificat pour opérations de base (art. 901.54). La figure suivante illustre une publication explicative de TC qui donne les détails des différentes catégories d'opérations.

<p>RENSEIGNEZ-VOUS AVANT TOUT! TROUVEZ LA CATÉGORIE DE VOTRE DRONE</p> <p>VOUS AVEZ BESOIN D'UN CERTIFICAT DE PILOTE - OPÉRATIONS DE BASE POUR:</p> <p>Le faire voler à +30 m de passants</p> <p>Le faire voler dans un espace aérien non contrôlé (sans contrôle de la circulation aérienne)</p> <p>VOUS AVEZ BESOIN D'UN CERTIFICAT DE PILOTE - OPÉRATIONS AVANCÉES POUR:</p> <p>le faire voler à moins de 30 m ou au-dessus de passants</p> <p>Le faire voler dans un espace aérien contrôlé avec l'autorisation du contrôle de la circulation aérienne</p> <p>VOUS AVEZ BESOIN D'UN CERTIFICAT D'OPÉRATIONS AÉRIENNES SPÉCIALISÉES POUR LE FAIRE VOLER:</p> <p>Pendant un événement annoncé</p> <p>S'il pèse plus de 25 kg</p> <p>À une altitude de plus de 122 m (un bâtiment de 30 étages environ)</p> <p>Canada.ca/securite-drones</p> <p>Canada</p>	<p><i>Vous avez besoin d'un certificat de pilote – opérations de base pour :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ le faire voler à plus de 30 m de passants ○ le faire voler dans un espace aérien non contrôlé (sans contrôle de la circulation aérienne) <p><i>Vous avez besoin d'un certificat de pilote – opérations avancées pour :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ le faire voler à moins de 30 m ou au-dessus de passants ○ le faire voler dans un espace aérien contrôlé avec l'autorisation du contrôle de la circulation aérienne <p><i>Vous avez besoin d'un certificat d'opérations aériennes spécialisées pour le faire voler :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ pendant un événement annoncé ○ s'il pèse plus de 25 kg ○ à une altitude de plus de 122 mètres (400 pieds - un bâtiment de 30 étages environ)
<p>Figure 5 : Les différentes catégories d'opérations</p>	

(Transports Canada, 2019j)

Cette classification considère seulement le type d'opérations. D'autres éléments, dont notamment la masse de l'ATP (art. 101.01(1) : voir la définition de « petit aéronef télépilote »), l'altitude maximale de vol (art. 901.25) et la capacité à garder un contact visuel direct avec la machine (art. 901.11), sont à respecter. Les opérations de base et avancées concernent des SATP qui pèsent moins de 25 Kg et plus que 250 g, opérés à une altitude inférieure à 400 pi (122 m) et en visibilité directe en tout temps. Pour les autres types de missions, à moins que l'ATP ne pèse moins que 250 g, il est nécessaire d'avoir un certificat d'opérations aériennes spécialisées (COAS). Le schéma de la figure 6 résume la façon avec laquelle la réglementation classe les différentes opérations possibles. Il est subdivisé en petits rectangles en fonction de la masse et des niveaux de risque.



(Transports Canada, 2019c)

a- Voler sans certificat de pilote

La seule fois où l'on peut manipuler un SATP sans certificat de pilote, c'est lorsque l'appareil pèse moins de 250 g. Ceci n'exclut pas la responsabilité de l'opérateur, ou de son tuteur, de prendre les mesures qui s'imposent pour éviter qu'il y ait un préjudice causé à autrui. En liaison avec notre étude, et hormis un modèle très récemment mis en marché par un constructeur chinois, la Ville de Laval n'aurait aucun intérêt à opérer ce type d'équipement. Il résiste mal aux conditions d'interventions sur terrain, sa capacité d'emport de charge est quasi nulle et ses capteurs ont des résolutions minimales.

b- Voler avec certificat de pilote

Quand l'ATP pèse entre 250 g et 25 Kg, que l'altitude de vol ne dépasse pas les 400 pi (122 m) et qu'il est toujours opéré en ligne de vue directe (VLOS), on se situe dans les conditions générales d'emploi permise par le RAC. Dans ce cas, la première distinction entre les types de missions peut s'appliquer, à savoir une licence en fonction de l'environnement dans lequel se déroule l'opération, comme mentionné un peu plus haut.

c- Voler avec COAS

Pour toute autre mission qui dépasse le cadre permis en vertu du paragraphe précédent, on se trouve inévitablement dans l'obligation de demander un COAS. La sous-partie 3 de la Partie IX du RAC traite des opérations aériennes spécialisées des SATP. Elle précise les types de missions nécessitant un COAS (art. 903.01) et les modalités associées (art. 903.02 et 903.03).

À la lumière de la description des types d'opérations, on s'aperçoit qu'il y a beaucoup de critères à envisager pour choisir un site de vol. À cet effet, le Conseil National de

Recherches Canada (CNRC) a publié une carte, illustrée à la figure 7, pour faciliter la tâche des décideurs, sans toutefois que ce document représente un engagement officiel de sa part.

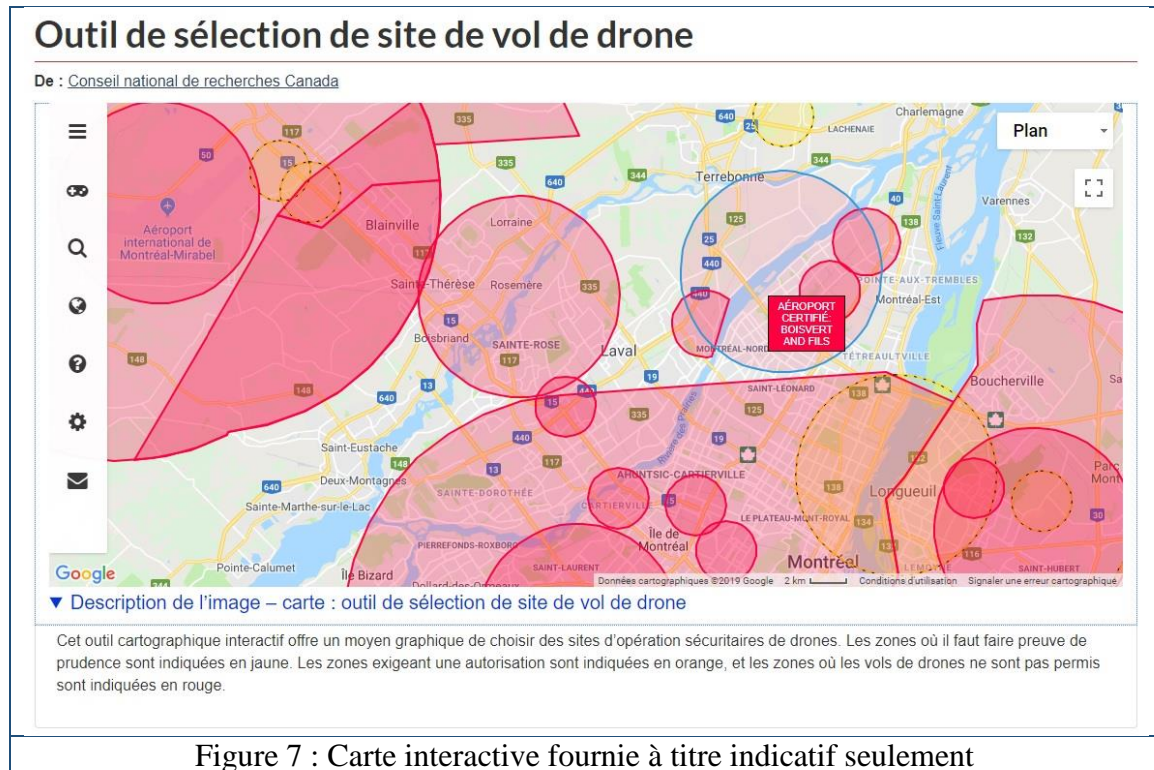


Figure 7 : Carte interactive fournie à titre indicatif seulement

(Conseil national de recherche Canada, 2019a)

De prime abord, pour ce qui est du territoire lavallois, on s'aperçoit de la prédominance des zones nécessitant un certificat de pilote pour opérations avancées. D'abord, la portion de l'espace aérien contrôlé de la zone terminale pour l'aéroport Pierre-Eliot Trudeau occupe une large portion du côté sud-ouest. Ensuite, on trouve les espaces qui démarquent les distances d'interdiction de vol par rapport au centre d'un aérodrome ou d'un hélicoptère (ex : l'aéroport Boisvert et fils ou l'héliport Laval Artopex plus). Enfin on peut citer les zones de classe F réglementées (CYR), comme celle au-dessus de l'établissement pénitencier situé à l'est de l'île. En somme, on peut estimer les zones réservées pour opérations avancées aux 2/3 du territoire.

3- Certification pour le pilotage

La Norme 921, intitulée « *petits aéronefs télépilotés en visibilité directe* » (Transports Canada, 2019f), précise le contenu et les exigences relatives aux divers examens à passer pour l'obtention de la certification désirée. D'abord on traite du certificat de pilote pour opérations de base (art. 921.01) et du certificat pour les opérations avancées (art. 921.02) où, en plus de l'examen écrit, on détermine les exercices à réussir durant une révision en vol. Le troisième article traite des qualifications d'évaluateur de vol (art. 921.03). Ensuite, dans l'article 921.04, la Norme fixe les activités jugées acceptables pour la mise à jour des connaissances. L'article 921.05, pour sa part, énumère les exigences pour les fournisseurs de formation SATP. Enfin, l'article 921.06 décrit le déroulement de la révision en vol.

L'exigence de certification a été ajoutée lors de la mise à jour du RAC en juin 2019. En effet, avant 2019, le pilote désireux d'utiliser un SATP lors d'une activité, avait à démontrer ses aptitudes et connaissances dans une demande pour un COAS, une opération qui pouvait se répéter autant de fois qu'on avait de missions à exécuter. Rajoutons à cela une attente d'un minimum de 20 jours ouvrables, qui pouvait s'allonger considérablement lors de périodes plus achalandées. Il est vrai qu'à l'occasion d'un des nombreux arrêts, TC avait mis en place des mécanismes pour alléger le fardeau des professionnels et les accommoder. Ces derniers, pour leur part, avaient du mal à arrimer les délais d'attente à leurs planifications opérationnelles. Il est donc évident que le mode de certification facilite et encadre mieux les relations « professionnel-règles-clients » dans la pratique de ce domaine. Par contre, pour évaluer si la nouvelle façon de faire est vraiment plus sécuritaire, il faudra attendre les statistiques des prochaines années.

Cependant, un certificat demeure présent dans l'ancien et le nouveau régime : le certificat restreint d'opérateur radio - compétence aéronautique. En effet, ce certificat octroie le privilège à l'opérateur de communiquer sur une fréquence aéronautique. Pour l'obtenir, l'intéressé doit passer un examen écrit auprès du ministère de l'Innovation, des Sciences et du Développement économique du Canada (Innovation, Sciences et Développement économique Canada, 2019) qui peut être administré par un organisme autre que le ministère, notamment par les centres de formation. Le recours à ce certificat est obligatoire dans des contextes bien particuliers ; uniquement dans le cadre d'opérations avancées, dans certains espaces aériens, lorsqu'il est demandé au pilote du SATP de garder l'écoute ou de communiquer sur une fréquence aéronautique déterminée.

Nous présenterons à présent plus en détail les mécanismes de certification. Pour les besoins du présent rapport, nous n'allons traiter que de ce qui concerne directement les pilotes, à savoir les examens pour opérations de base et avancées, la révision en vol et la mise à jour des connaissances.

a- Examen écrit

En vertu des nouvelles règles du RAC, nul ne peut opérer un drone pesant plus de 250 g sans obtenir un certificat en fonction du type d'opérations qu'il compte effectuer (art. 901.55 pour les opérations de base et 901.64 pour les opérations avancées). L'obtention de ces certificats nécessite le passage d'un examen écrit qui portent sur les sujets énumérés aux articles 921.01 et 921.02 de la Norme 921. Il s'agit d'un ensemble de questions à choix multiples répondues en ligne par le futur pilote, sur un portail dédié par TC.

Les articles 901.58, pour les opérations de base, et 901.67 pour les opérations avancées, traitent des règles relatives aux examens. Ainsi, il est interdit de copier le texte de l'examen, de se faire aider durant celui-ci ou de le subir pour le compte d'une tierce personne. Il sera impossible pour la personne qui échoue l'examen de le reprendre dans les vingt-quatre heures qui le suivent. La personne qui réussit un examen pour les opérations avancées devra, quant à elle, avoir également terminé avec succès, dans les douze mois précédant la demande de certificat, une révision en vol, dont les exercices à effectuer sont déterminés à l'article 921.02(1) (b) de la Norme 921. Le tableau 3 résume le reste des modalités de passage de chacun des examens.

Tableau 3 : Résumé des modalités des examens pour certificat de base et avancées

	Opérations de base	Opérations avancées
Nombre de questions	35	50
Temps alloué	90 min	60 min
Note de passage	65 %	80 %
Frais par examen	10 \$	10 \$
Règle de repassage	- nouvel essai après 24h, - nombre illimité d'essais	
Il est interdit, relativement à tout examen: <ul style="list-style-type: none"> a) de copier/enlever d'un endroit le texte de l'examen ou toute partie de celui-ci; b) d'aider quiconque ou d'accepter de l'aide de quiconque pendant l'examen; c) de subir l'examen ou toute partie de celui-ci pour le compte d'une autre personne. 		

Les sujets couverts par les examens sont énumérés dans la Norme 921 (Transports Canada, 2019g) et se détaillent comme suit :

- dispositions applicables de la *Loi sur l'aéronautique* et du RAC,
- règles de circulation aérienne et procédures,
- cellules, moteurs et systèmes des SATP,
- facteurs humains, y compris la prise de décision du pilote,
- météorologie,
- navigation aérienne,
- opérations aériennes,
- théorie de vol,
- radiotéléphonie,
- opérations réalisées par des pilotes de systèmes d'aéronefs télépilotes en vertu de la partie IX du RAC.

b- Révision en vol

Afin d'obtenir le certificat de pilote pour opérations avancées, il faut satisfaire à une troisième exigence : celle de la révision en vol. Le candidat sera évalué sur sa capacité à utiliser son SATP de façon sécuritaire. Avec les changements de juin 2019, TC a mis à jour son document intitulé « *Connaissances exigées pour les Pilotes de systèmes d'aéronefs télépilotes de 250 g à 25 kg inclusivement, utilisés en visibilité directe (VLOS)* », lequel sert de guide pour les formateurs et les pilotes sur la formation requise pour l'utilisation de

petits SATP en VLOS. À l'annexe A de ce document, intitulée « *guide de la révision en vol - exercices de petit SATP* » (Transports Canada, 2019c), TC dresse la liste des connaissances que le pilote peut développer avant d'entreprendre la révision en vol.

La norme 921 nous renseigne sur le déroulement de cette épreuve. D'abord, avant d'effectuer la révision en vol, l'évaluateur doit vérifier l'identité du candidat, son succès préalable à l'examen écrit, que son aéronef est immatriculé et que les procédures relatives aux conditions normales d'utilisation et aux conditions d'urgence ont été établies (art. 921.06(1)). Pendant la révision en vol, l'évaluateur doit s'assurer de la sécurité du vol et doit demeurer intègre face au rôle qui lui incombe (art. 921.06(2)).

Les exercices à effectuer par le pilote durant la révision en vol sont fixés par l'article 921.02(1)b) et détaillés comme suit :

- décrire le processus de repérage des lieux,
- décrire les procédures d'urgence qui s'appliquent à l'utilisation d'un SATP, y compris la procédure à suivre lorsque la liaison est perdue et la procédure à suivre en cas de dérive, y compris les personnes à contacter,
- décrire la procédure permettant d'informer Transports Canada d'un incident ou d'un accident,
- effectuer avec succès les vérifications avant vol du SATP,
- effectuer un décollage,
- démontrer la capacité de contourner les obstacles,
- démontrer la capacité de reconnaître les distances,
- effectuer un atterrissage.

c- Mise à jour des connaissances

L'opérateur qui détient un certificat de pilote et qui compte le garder doit maintenir ses connaissances à jour et doit pouvoir le prouver. Ainsi, tel que prévu aux articles 901.56 (opérations de base) et 901.65 (opérations avancées), tous les vingt-quatre mois, le pilote doit:


- soit obtenir un nouveau certificat de pilote;
- soit terminer avec succès l'un ou l'autre des examens pour opérations de base ou opérations avancées;
- soit terminer avec succès la révision en vol;
- soit terminer l'une des activités de mise à jour des connaissances prévues à l'article 921.04 de la Norme 921 (Transports Canada, 2019f), c'est-à-dire :
 - participer à un séminaire sur la sécurité approuvé par Transports Canada,
 - achever un programme de formation périodique sur les SATP conçu pour mettre à jour les connaissances des pilotes,
 - achever un programme d'autoformation approuvé par Transports Canada, conçu pour mettre à jour les connaissances des pilotes.

La preuve de la mise à jour devra être conservée pour une période de vingt-quatre mois et être facilement accessible, conjointement avec le certificat de pilote, pendant l'utilisation du SATP (art. 901.57 et 901.66).

4- Immatriculation

La question de l'immatriculation des SATP est traitée dans le RAC aux articles 901.02 à 901.09. Il y est stipulé que tout ATP doit être immatriculé afin de pouvoir l'utiliser (art. 901.02) et que le numéro d'immatriculation délivré doit être clairement visible sur l'ATP (art. 901.03). Tout citoyen canadien ou résident permanent du Canada peut être le propriétaire enregistré d'un ATP s'il est âgé d'au moins quatorze ans. Les organismes publics, tels que la Ville de Laval, ou encore les sociétés ou entreprises canadiennes peuvent aussi être propriétaires enregistrés d'ATP (art. 901.04).

L'article 901.05 vient par la suite dresser la liste des exigences relatives à l'immatriculation, à savoir les renseignements nécessaires pour l'enregistrement d'un aéronef en fonction du type de propriétaire (personne physique vs. personne morale). Le ministre consigne dans un registre les noms et adresses du propriétaire enregistré, le numéro d'immatriculation de l'ATP ainsi que tout autre renseignement sur l'ATP qu'il juge utile aux fins de l'immatriculation (art. 901.06). Le reste des articles de cette section traite des conditions qui peuvent entraîner une annulation de l'immatriculation (art. 901.07), du devoir d'aviser le ministre d'un changement de nom ou d'adresse dans les sept jours d'un tel changement (art. 901.08) et de l'accessibilité du certificat d'immatriculation durant l'utilisation de l'ATP (art. 901.09). La figure 8 illustre une publication de TC qui explique les modalités pour l'immatriculation de l'ATP.

 <p>RENSEIGNEZ-VOUS AVANT TOUT!</p> <h3>COMMENT MARQUER VOTRE DRONE :</h3> <p>INSCRIVEZ votre drone dans le Portail de gestion des drones. MARQUEZ votre drone de son numéro d'immatriculation. <small>Le numéro d'immatriculation doit être clairement visible sur le drone.</small></p> <p>UTILISEZ</p> <ul style="list-style-type: none">un marqueur permanentune étiquette permanenteune gravure <p>Canada.ca/secure-drones</p> <p>Transport Canada</p>	<p><i>Inscrivez votre drone dans le Portail de gestion des drones.</i></p> <p><i>Marquez votre drone de son numéro d'immatriculation.</i></p> <p><i>Le numéro d'immatriculation doit être clairement visible sur le drone.</i></p> <p><i>Utilisez :</i></p> <ul style="list-style-type: none">○ un marqueur permanent○ une étiquette permanente○ une gravure
<p>Figure 8 : Modalités d'immatriculation du drone (Transports Canada, 2019d)</p>	

5- Enjeux réglementaires et sanctions

La finalité de la réglementation sur les SATP est d'établir le cadre gouvernant l'utilisation des SATP et d'assurer la sécurité des utilisateurs de l'espace aérien et du public en général, tout en facilitant l'exploitation de cette technologie et en favorisant l'innovation dans ce domaine (Parlement canadien, 2017, p. 7). En plus de la *Loi sur l'aéronautique* et ses règlements, d'autres lois, fédérales ou provinciales, ainsi que des règlements municipaux peuvent être applicables aux utilisateurs de SATP quoique leur teneur touche plus à des enjeux de protection de la vie privée que des questions d'aéronautique.

Malgré l'encadrement réglementaire strict entourant l'utilisation des SATP, des infractions peuvent tout de même avoir lieu et des dommages peuvent être causés à autrui. Même si on exclut la malveillance de certains utilisateurs, personne n'est à l'abri d'une perte de contrôle ou d'un dysfonctionnement de l'équipement (Ibid.). Par ailleurs, TC a le pouvoir de sanctionner les particuliers ainsi que les personnes morales (Ibid., p. 4) au moyen d'amendes pour les infractions anticipées que nous résumons³ dans le tableau 3. Il faut savoir que les amendes sont cumulatives et qu'une fausse déclaration est assimilée à de la sécurité compromise.

Tableau 4 : Exemples d'infractions et les sanctions correspondantes

Infractions	Amendes pour	
	personnes physiques	personnes morales
vol sans certificat de pilote de drone	1000	5000
vol de drones non immatriculés ou marqués	1000	5000
vol dans des lieux non autorisés	1000	5000
sécurité d'aéronefs ou de personnes compromise	5000	15000

(Transports Canada, 2019k)

6- Juridiction des municipalités

Dans notre démarche de description de la législation en vigueur, nous avons jugé qu'il était primordial de faire le point sur les prérogatives et les limites de la juridiction des municipalités. Conscients que la tâche peut s'avérer colossale et que l'espace de cette étude ne permet pas un traitement exhaustif de la question, nous avons déterminé deux volets que nous comptons analyser, à savoir : la gestion des données et le droit de légiférer.

Pour cela, nous avons eu la chance d'être assistés dans cette étape par le service des Affaires juridiques de la Ville de Laval. Nous avons eu une rencontre avec Maître Danie Dubé, avocate du service, le 17 septembre 2019 lors de laquelle nous avons échangé sur

³ Pour la liste complète des sanctions que TC a prévu pour chaque infraction d'article du RAC, consulter le lien suivant : <http://www.gazette.gc.ca/rp-pr/p2/2019/2019-01-09/html/sor-dors11-fra.html>

différents points. En outre, Maître Dubé a rédigé en date du 8 octobre 2019, un avis juridique sur la capacité d'une municipalité à régler sur la question des SATP.

D'abord, examinons le volet des données. Il s'agit d'un élément hautement stratégique et sensible à plus d'un titre. En effet, les données peuvent contenir des informations confidentielles sur un bien ou une entreprise, qui peuvent représenter un intérêt stratégique pour son propriétaire. Elles peuvent aussi renfermer des éléments d'identification d'individus qui peuvent porter préjudice à ces derniers en cas de divulgation.

À cet effet, pour examiner les cas où la municipalité serait confrontée à un risque de divulgation de renseignements privés, nous classons les opérations de SATP de la Ville en deux groupes. Le premier concerne des opérations pour lesquelles on dispose d'une phase de programmation et de mise en place. Dans ce cas de figure, le responsable aura le temps d'étudier les circonstances de son intervention et de prévenir les situations conflictuelles. Le deuxième groupe concerne les interventions rapides, comme pour la police ou les pompiers, pour lesquelles l'impératif d'urgence peut parfois engendrer des opérations collectant des informations privées. Pour ces cas de figure, il suffit d'éliminer les éléments d'identification des individus (image, numéro...) des données collectées pour écarter le risque de préjudice.

La municipalité a la responsabilité d'assurer la confidentialité des informations. Outre la question de préservation de la vie privée et des données personnelles, la municipalité aura probablement avantage à conserver la propriété des données qui seront générées ou manipulées dans le cadre d'opérations de SATP; particulièrement celles menées par un prestataire externe. Pour ce faire, Maître Dubé nous conseille de faire un contrat en bonne et due forme avec le sous-traitant afin de prévoir que les données contenues sur le support de stockage numérique seront la propriété de la Ville. Cette dernière pourrait ainsi assurer ses responsabilités.

Examinons maintenant la capacité et les limites d'une municipalité à légiférer sur la question des SATP sur son territoire. Pour cela, nous allons prendre pour référence l'avis fourni par le service des affaires juridiques. Sur une quinzaine de pages, Maître Dubé a analysé l'imbrication des pouvoirs des différents niveaux de gouvernement, en se servant du droit applicable et de la jurisprudence en la matière. Elle a notamment invoqué la *Loi constitutionnelle de 1867*, par les articles 91 et 92, ainsi que la *Loi sur les compétences municipales* (LCM), par les articles 2, 3, 4 et 85. Dans son processus d'analyse, Maître Dubé a successivement étudié la Loi constitutionnelle, les compétences municipales et l'ordre d'application des doctrines.

En résumé, elle démontre que l'aéronautique est de compétence fédérale et « *que les réglementations municipales et les lois provinciales ne peuvent limiter le pouvoir du fédéral en aéronautique.* ». Ainsi, une municipalité qui compte utiliser les privilèges qui lui sont accordés par les articles susmentionnés de la LCM, doit s'assurer de le faire sans constituer une **atteinte grave et importante** au cœur de la compétence du fédéral sur l'aéronautique.

L'avis juridique était conclu comme suit :

« Nous sommes d'avis que la Ville pourrait tirer son pouvoir de réglementer l'usage des [SATP] sur son territoire en vertu de l'article 85 de la LCM, loi édictée par le gouvernement provincial. Elle devra toutefois s'assurer que les normes qu'elle adopte ne constituent pas une atteinte grave et importante au cœur de la compétence fédérale sur l'aéronautique.

Toutefois, un simple dédoublement de normes semblables à celles du gouvernement fédéral n'invalidera pas son règlement. En cas de contestation, le règlement, ou une partie de celui-ci, pourrait être déclaré ultra vires (inapplicable) suite à une analyse approfondie des différentes doctrines applicables. Il appartiendra à celui qui conteste la validité du règlement de démontrer qu'il est ultra vires. »

(Maître Danie Dubé)

Notons, cependant, qu'au cours du raisonnement, l'avis a cité l'exemple de la Ville de Calgary qui a inclus dans ses règlements une interdiction d'utiliser ses rues pour y faire voler un SATP. Maître Dubé s'est contenté de se questionner sur la légalité de la démarche en ajoutant : *« Nous ne le saurons pas tant que la disposition (ou le règlement) ne sera pas contestée et analysée par les tribunaux. »*

IV- Sécurité entourant l'utilisation d'un SATP

Après la description de la technologie et des règles en vigueur, nous examinerons dans cette partie la question de l'assurance de la sécurité des opérations. Il est important de bien assumer ses responsabilités et de faire preuve de rigueur quand vient le moment d'opérer un SATP. A cet effet, TC recommande une série de mesures qui ont pour but de garantir le succès d'une telle entreprise.

1- Membres d'équipage et santé et sécurité au travail

Un membre d'équipage est défini dans le RAC, article 101.01, comme étant « *la personne qui [...] est chargée de fonctions liées à l'utilisation d'un système d'aéronef télépiloté pendant le temps de vol.* » Ensuite, dans la partie IX, l'article 901.19 donne plus de précisions quant aux exigences de leurs états de santé en général pour une participation sécuritaire à l'achèvement de missions de SATP. Parmi ces membres, il existe un poste en particulier pour lequel le RAC consacre un article à lui seul : l'observateur. L'article 901.20 précise les modalités du recours à un observateur, à savoir : une communication fiable avec le pilote (al. 1), ce qu'il sera chargé de faire (al. 2), la question d'observer simultanément plusieurs SATP (al. 3) et l'interdiction de conduire et observer (al. 4).

Cependant, il n'y a pas dans le RAC de point qui oblige expressément le recours à un observateur ou à un quelconque membre d'équipage, sauf pour l'article 901.38 où on traite de l'utilisation de dispositif de vue à la première personne. Le choix d'avoir ou pas un équipage ou un observateur est laissé à la discrétion du pilote. Dans les faits, l'obligation du recours à un observateur, ou équipage, découle de **l'impératif de garder un contact visuel direct en tout temps** avec le SATP.

900.01 Observateur : Membre d'équipage formé pour aider le pilote à assurer la sécurité du pilotage en visibilité directe

901.11 il est interdit au pilote d'utiliser un système d'aéronef télépiloté à moins que ce dernier ou un observateur visuel ne suive l'aéronef en visibilité directe pendant toute la durée du vol

(Canada, 2019a)

D'autre part, l'article 900.06 impose une interdiction générale d'utilisation imprudente ou négligente du SATP. De cela découle l'obligation de prendre les mesures qui s'imposent, dont éventuellement le recours à un observateur.

Par ailleurs, l'article 901.21, intitulé « *conformité aux instructions* », stipule que chaque membre d'équipage « *est tenu de se conformer aux instructions du pilote pendant le temps de vol* ». Ceci implique que le pilote doit, au début de chaque mission, tenir une réunion qu'on appelle *briefing*. Cette rencontre est mentionnée indirectement à l'article 901.23, en traitant de l'accessibilité et de la revue des procédures à l'alinéa 3, et directement à l'article 901.28, alinéa b, où on précise la teneur des instructions. Elle a tellement fait ses preuves dans les pratiques de l'aviation classique qu'aucun pilote ne peut faire l'économie de cet

effort. Il s'agit la plupart du temps d'un exposé verbal de renseignements utiles et de consignes claires et précises.

Durant son exposé, le pilote aura à expliquer aux membres de son équipage les informations pertinentes pour l'exercice de leurs fonctions, à savoir : le déroulement prévu de l'envolée, les risques anticipés pour le contexte avec les mesures d'évitement et de mitigation des dangers, le rôle précis de chacun, les mécanismes de leurs communications ainsi que tout détail utile pour l'accomplissement de leurs tâches.

Au-delà de l'utilisation ponctuelle, lorsque le SATP est opéré dans le cadre d'une entreprise qui compte plus d'un collaborateur, il est judicieux d'utiliser des bonnes pratiques en ce qui a trait à la santé et la sécurité au travail (SST). Elles ont pour effet bénéfique direct, entre autres, l'amélioration de la prévention et l'accroissement du niveau de sécurité global dans l'entreprise. Ainsi les analyses des risques et dangers reliés à chaque poste, la formation continue des collaborateurs avec la mise à jour des connaissances, un manuel des procédures, des aide-mémoires d'opération comme les check-lists... sont des exemples des éléments à inclure dans la culture de l'entreprise.

2- Assurance et responsabilité civile

On peut dire que la surprise de ce nouveau règlement est l'absence de toute obligation ou même de mention de la question des assurances de la responsabilité civile de l'opérateur. En effet, bien qu'elle fût explicitement obligatoire, et incluant un montant minimum précis dans l'ancien régime, la police d'assurance ne fait plus partie des exigences légales pour la tenue d'une envolée. L'offre des assureurs, pour sa part, a connu une évolution inverse : autrefois rare, elle s'est mise à croître après avoir profité d'une période d'observation au moment de la gestation de la nouvelle réglementation.

Au niveau des municipalités, la question de l'assurance revient à une décision politique. Quand certaines municipalités optent pour une couverture quasi-totale, d'autres font le choix de n'assurer que les biens matériels et c'est le cas, en l'occurrence, de la Ville de Laval. Dans ce cas, les services peuvent faire le choix de « *s'auto assurer* » en prélevant chaque année une somme qu'ils allouent à cet objectif jusqu'à arriver à une somme qui peut avoisiner le 1 M\$; anciennement exigée par TC.

Malgré le fait que l'assurance ne soit pas obligatoire, il est facile de s'accorder sur sa nécessité au vu de la gravité des préjudices potentiels. Les produits offerts sur le marché proposent de couvrir la responsabilité civile, les biens, les dommages éprouvés par le véhicule assuré, le vol, les blessures corporelles, etc. Dans la sphère municipale, la Mutuelle des Municipalités du Québec (MMQ) offre une protection des véhicules aériens contre les risques pouvant directement les atteindre. Elle propose également de couvrir la responsabilité civile de la municipalité durant ses missions par SATP (MMQ, 2019).

3- Système d'assurance de la sécurité des SATP

La sécurité est la responsabilité de tous. Comme dans toute équipe de travail, c'est au premier responsable qu'incombe la tâche d'assurer cet engagement; ici en l'occurrence le pilote commandant en charge de la mission. L'article 901.16 le mentionne clairement : « *le*

pilote qui utilise un système d'aéronef télépiloté cesse immédiatement de l'utiliser dès que la sécurité aérienne ou la sécurité des personnes est compromise ou est susceptible d'être compromise. »

a- Les risques et les dangers

Le Centre Canadien d'Hygiène et de Sécurité au Travail, dans une fiche information, propose une définition propre aux sphères professionnelles. Ainsi, « *Un risque est la probabilité qu'une personne subisse un préjudice ou des effets nocifs pour sa santé en cas d'exposition à un danger.* » alors que le danger « *est toute source potentielle de dommage, de préjudice ou d'effet nocif à l'égard d'une chose ou d'une personne.* » (Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail, 2019).

Dans une démarche d'assurance de la sécurité, l'étape clé est l'étude des risques et des dangers inhérents à son exercice. Ils peuvent être communs et concerner tout type de mission, comme ils peuvent être spécifiques et propres à certains types d'envolées. Souvent, une visite sur le terrain est requise pour effectuer les observations nécessaires de l'environnement. Cette visite est complétée par l'analyse ainsi que par les autres étapes de la démarche pour gérer la sécurité.

b- Démarches pour assurer la sécurité

Après la visite de terrain ou la collecte de l'information le concernant, vient l'étape d'analyser les risques et dangers identifiés. Cette étape est aussi utile pour nourrir les analyses de risques des postes de travail qui seront utilisées notamment dans les séances de formation et d'information des collaborateurs.

Il s'agit de bien définir ce qui a été préalablement identifié pour s'assurer de bien le comprendre et de cerner ses portées. Ensuite, chaque risque est classé par niveau de préjudice et par probabilité d'occurrence. Il existe des méthodes qui utilisent des matrices pour assurer cette opération et aider à élaborer des scénarios. Ces derniers seront les sources des procédures d'intervention à établir. C'est que les scénarios vont permettre de savoir si un risque peut être évité ou s'il faudrait mettre en place des procédures pour en minimiser les effets.

Le développement de cette démarche mène à la mise en place du système de gestion et de mitigation des risques et des dangers qui est garant de l'engagement de l'entité qui l'a rédigé d'assurer la sécurité nécessaire à ses activités. Pour finir, il doit être documenté, consigné et accessible à tous. Il est aussi inclus dans le manuel des opérations et guide la production des check-lists.

Cette démarche est citée à titre d'exemple et n'est en aucun cas exhaustive. À l'article 901.23, le RAC traite des procédures qu'un pilote doit établir préalablement à son exercice sans donner la méthode pour le faire. Il commence par énumérer les conditions pour lesquelles des procédures sont requises (al. 1), il rappelle ensuite la prédominance des consignes du constructeur, si elles existent (al. 2). Elles doivent être accessibles et revues par les membres d'équipage (al. 3) et elles doivent surtout être appliquées à la lettre (al. 4).

4- Déclaration de sécurité d'un SATP

La section VI du RAC, intitulée « *opérations avancées : exigences relatives au constructeur* », traite de la déclaration du constructeur, de l'avis au ministre, de la documentation et de la tenue de dossiers. L'article 901.76 stipule que « tout constructeur »⁴ de modèle d'ATP destiné à être utilisé pour des opérations avancées, doit présenter une déclaration (al. 1) dont il précise le contenu à l'alinéa 2 et les circonstances menant à son invalidation (al. 3). En somme, il s'agit de démontrer l'aptitude de l'ATP à exécuter les opérations pour lesquelles la déclaration est produite; y compris celle nécessitant l'obtention d'un COAS.

Pour mieux comprendre l'utilité de cette déclaration, il faut consulter l'article 901.69 qui identifie les trois types d'opérations permis suite à cette démarche :

- les opérations dans un espace aérien contrôlé,
- les opérations à proximité des passants : à une distance horizontale de moins de 30 mètres (100 pieds), mais de plus de 5 mètres (16,4 pieds),
- des manœuvres au-dessus des passants : à une distance horizontale de moins de 5 mètres (16,4 pieds).

À la lecture de la norme 922, « *Assurance de la sécurité des SATP* » (Transports Canada, 2019g), on comprend qu'elle s'applique à tous les concepteurs, les constructeurs, les propriétaires, les pilotes, et les agents de la maintenance des petits SATP destinés aux opérations avancées. En effet, toute personne qui construit ou modifie un ATP destiné à être utilisé pour des opérations avancées doit prouver sa conformité à cette norme. Cette dernière décrit les exigences techniques que « les constructeurs » doivent respecter pour pouvoir présenter une déclaration de conformité.

⁴ Les guillemets ne font pas référence à une citation, mais ils signifient que le sens du terme est à définir; ce qui sera le cas dans le paragraphe suivant (norme 922) ou plus loin (V. 3. Entretien et maintenance).

V- Opérer un Système d'Aéronef Télépiloté

D'ordinaire, la personne qui achète un drone en magasin pour l'offrir ou pour son usage personnel ne se doute pas de la quantité d'informations qu'elle a à acquérir. En plus des procédures imposées par l'article 901.23, le pilote a une obligation de bien connaître les renseignements pertinents au vol qui sont à sa disposition, et ce de manière préalable (art. 901.24).

1- Prérequis

Que ce soit dans un cadre professionnel ou récréatif, un opérateur ne peut pas juste actionner son équipement et le faire voler sans prendre de mesures préalables. D'abord, il doit acquérir la formation et les connaissances nécessaires à son activité. En second lieu, il doit conjuguer ce savoir pour aboutir à l'obtention d'un certificat; attendu que nul n'a le droit d'effectuer d'envolée de SATP sans ce document.

Ensuite, pour satisfaire au minimum des prérequis, il faut monter des dossiers réglementaires comprenant les registres de maintenance de l'ATP, les relevés de mise à jour des connaissances et les enregistrements des temps de vol. Il va sans dire que pour les professionnels, la liste peut être allongée par le manuel d'entreprise et autres registres des collaborateurs, pour ne citer que ces deux exemples.

2- Déroulement standard d'une mission

L'évocation du principe de « *déroulement standard* » est quasiment erronée par définition, considérant que, dans les faits, les missions se suivent, mais ne se ressemblent jamais. Ceci dit, certaines actions, préparations ou mesures restent communes à l'immense majorité des opérations. Nous les présenterons sous forme de check-list, meilleur moyen de s'assurer de ne rien laisser au hasard. À cette liste, un service professionnel rajouterait deux listes de vérifications : la liste *check out*, pour s'assurer de ne rien oublier avant de partir sur le terrain, et la liste *check in*, pour s'assurer de ne rien avoir oublié sur le terrain.

a- Avant la mission

- visiter et inspecter le site,
- vérifier la nature de l'espace aérien et les emplacements des aérodromes locaux,
- obtenir des informations sur de la construction, sur les routes ou sur les obstacles,
- obtenir les permissions nécessaires (organisme de contrôle, gestionnaire de l'espace aérien, propriétaire terrien, etc.) en cas de besoin,
- vérifier l'état des satellites GPS pour la période projetée de la mission,
- réserver et préparer le/les observateurs ou un équipage en cas de besoin,
- effectuer la programmation du vol sur le logiciel de commande,
- si nécessaire, émettre un NOTAM.

12 à 48 heures avant le vol :

- s'assurer de bien comprendre les circonstances et les limites de la mission,

- suivre les bulletins météo,
- assurer le suivi avec le propriétaire terrien et avec l'observateur,
- inspecter le SATP et recharger les batteries,
- étudier les NOTAM,
- contacter l'organisme de contrôle de l'espace aérien si nécessaire.

b- Avant l'envolée

- installer le poste de commande et l'équipement de sécurité et d'urgence,
- examiner avec l'observateur et autres membres d'équipage les responsabilités de chacun ainsi que les procédures de communication, les conditions du vol, les urgences... (Briefing équipage),
- briefing de l'assistance, au besoin,
- inspecter l'ATP pour toutes pièces mal fixées ou endommagées,
- passer en revue les vérifications d'avant vol,
- charge utile : vérifier la fixation et enlever la protection,
- sécuriser les lieux et procéder au décollage.

c- Durant l'envolée

- inspecter constamment le ciel pour anticiper les conflits de trafic,
- effectuer un balayage visuel fréquent des paramètres de vol,
- garder la communication avec les membres de l'équipe,
- surveiller visuellement toute manœuvre inhabituelle du SATP,
- vérifier que l'aire prévue pour l'atterrissage soit dégagée.

d- Après l'envolée

- attendre que le drone touche à terre avant d'aller le chercher,
- essuyer le drone et nettoyer les débris si nécessaire,
- inspecter l'ATP pour toutes pièces mal fixées ou endommagées,
- inspecter l'état de l'hélice,
- récupérer, vérifier et sécuriser les données,
- remplir les dossiers et registres réglementaires.

3- Entretien et maintenance

Dans la partie dispositions générales, à l'article 101.01, le RAC définit la maintenance comme étant la « *révision, réparation, inspection obligatoire ou modification d'un produit aéronautique ou enlèvement ou montage de composants sur un produit aéronautique [...]* ». Il continue ensuite avec les exclusions qui touchent, entre autres, l'entretien courant qui n'est donc pas considéré comme une opération de maintenance. Bien que cette dernière soit directement mentionnée dans le règlement de notre catégorie d'aéronefs, l'entretien n'en demeure pas moins important et y est traité par la même occasion.

Le suivi du SATP et le maintien de son bon état de service sont une condition requise pour la légalité de l'opération, si bien que la partie IX du RAC en parle spécifiquement. En effet l'article 901.29 interdit expressément la conduite de toute mission à moins que l'ATP ne soit en état de servir (al. a), qu'il n'ait subi la maintenance dictée par le constructeur (al. b),

que les mesures obligatoires ne soient prises en conformité avec les instructions du constructeur et que tout équipement exigé, par le règlement ou le constructeur, ne soit installé. Par ailleurs, dans l'article 901.48 traitant des dossiers réglementaires, on trouve une mention du registre qui doit consigner les détails relatifs aux travaux de maintenance, de modification ou de réparation (al. 1, b). Registre qui doit être conservé pour une période de 24 mois (al. 2, b) et qui doit être transféré au nouveau propriétaire en cas de vente (al. 3).

À la lecture de la partie IX, on comprend aisément l'importance qu'elle accorde aux instructions du constructeur. L'article 901.31 précise clairement qu'« *Il est interdit au pilote d'utiliser un système d'aéronef télépiloté, sauf conformément aux instructions du constructeur à cet égard* ». Utilisation qui doit être entendue dans son sens le plus large. **Si le RAC représente la référence pour l'aspect réglementaire de la manipulation du SATP, le manuel du constructeur est sa référence pour tout le reste.**

Ceci dit, le règlement n'a pas restreint la notion de constructeur et l'a laissé ouverte, notamment dans la norme 922, probablement pour accommoder les besoins de développement, d'innovation et de recherche. Ainsi les concepteurs, les propriétaires, les pilotes, et les agents de la maintenance peuvent être vus comme constructeurs s'ils décident d'opérer des changements qui sortent la machine du cadre d'utilisation qui lui était donné par son constructeur d'origine. Ils peuvent aussi être considérés comme tels, s'ils décident de monter leur propre machine en fonction de besoins spécifiques. Dans ce cas, ils ont l'obligation de justifier leurs décisions et de consigner toute manipulation dans le registre annoncé à l'article 901.48 (al. 1, b). Le reste des obligations à respecter est précisé dans la norme relative à l'assurance de la sécurité des SATP.

4- Post-traitement et gestion des données

Outre les étapes susmentionnées, il est judicieux de bien planifier la gestion des données générées en ce qui a trait à leurs traitements, à leurs distributions (publications) ainsi qu'à leurs stockages. En effet, la gestion des données issues de relevés par SATP est susceptible de générer des volumes de fichiers très importants, dû, tout d'abord, à leur nature même (pour la plupart, données matricielles à haute ou très haute résolution : vidéos, imagerie). Ensuite, les manipulations effectuées par les logiciels de post-traitement peuvent multiplier le nombre de fichiers, augmentant ainsi le volume total des données.

Prenons l'exemple d'un service qui compte assurer un suivi dans le temps de n bâtiments en se fondant sur des images captées par SATP. Pour ce faire, il utilise un capteur RGB et un capteur thermique durant deux campagnes de captation par an. Chaque bâtiment aura donc deux (2) jeux de deux (2) types d'images par an qui vont produire chacun leur tour une autre série de fichiers (modèle 3D, nuages de points, etc.). Au final, le service se trouve à gérer une quantité de données qui peut très vite devenir substantielle, si bien qu'il faut prévoir une infrastructure informatique adéquate à sa gestion sur le long terme.

La multiplication du nombre de fichiers n'est pas la seule responsable de l'augmentation du volume des données. On peut citer d'autres facteurs, tels un vol en quadrillage, un chevauchement important, un capteur multispectral, l'enregistrement de données brutes en plus des données traitées (raw en plus des JPEG) ou encore, le relevé de données Lidar ou

provenant d'un capteur hyperspectral qui sont bien plus contraignantes du point de vue des volumes à traiter.

Ceci dit, les capteurs utilisés ainsi que les appareils de captation ne cessent de se bonifier/perfectionner. Par conséquent, les supports de sauvegarde envisagés pour utilisation dans les SATP (généralement carte micro SD), doivent avoir des performances compatibles avec les caractéristiques d'enregistrement. Outre la capacité de stockage, d'autres paramètres méritent une attention particulière comme par exemple la vitesse d'écriture. Par ailleurs, la manipulation de ces volumes importants de données fait appel à des algorithmes de calcul qui sont complexes et qui prennent beaucoup de temps à s'exécuter. Afin de réduire les délais de traitement, il convient de bien choisir les caractéristiques de la carte graphique et de la mémoire vive (RAM) dans un ordinateur quand vient le temps de le dédier aux étapes de post-traitement.

D'autres solutions existent, pouvant aider, le cas échéant, la municipalité dans la gestion de ce flux de données aussi bien pour le traitement que pour le stockage. Il s'agit du modèle de l'infonuagique (*cloud*) pour la gestion des données. En effet, la Ville de Laval, par la taille et le volume anticipé pour ses futures opérations, pourrait trouver dans cette option une solution accommodante pour ses besoins de partage et de mise en commun de l'information entre ses différents services.

VI- La dronautique au Québec

Ce chapitre est consacré à décrire la situation de ce secteur à l'échelle nationale et essentiellement au Québec. Tour à tour, nous aborderons l'état de la recherche et de l'innovation, des centres de compétences, du marché national et des expériences d'autres organismes, similaires à la Ville de Laval.

1- Recherche & innovation

Parmi les objectifs de la nouvelle réglementation se trouve la stimulation de l'esprit d'innovation dans ce domaine (Transports Canada, 2019l). Voilà pourquoi TC, associée au Conseil national de recherches Canada (CNRC) et au Consortium en aérospatiale pour la recherche et l'innovation au Canada (CARIC), cherche des idées de projet de recherche collaborative consacrés aux systèmes d'aéronefs télépilotés (Conseil national de recherche Canada, 2019b). L'objectif annoncé, à travers cette collaboration, est de donner au Canada une occasion de renforcer son emprise dans l'industrie et de contribuer à étayer la réglementation de Transports Canada qui encadre l'exploitation sécuritaire des SATP (Ibid.).

Par ailleurs, les instances gouvernementales et leurs partenaires ont attribué deux espaces aux activités de recherche, de développement, de mise à l'essai et d'évaluation liées aux SATP. Ce sont des zones d'espace aérien réglementé de classe F, signalées sur les cartes aéronautiques et définies dans le Manuel des espaces aériens désignés (DAH). Ces espaces se trouvent à Foremost en Alberta et à Alma au Québec (Transports Canada, 2019m, AIR469). En outre, dans sa stratégie gouvernementale de développement économique régional, le gouvernement du Québec a créé le créneau d'excellence sur les drones qui est coordonné par le Centre d'excellence sur les drones (CED) à Alma (Économie et Innovation Québec, 2019).

Au niveau d'autres institutions, au-delà de la carte interactive des zones réglementées présentée précédemment, le CNRC est impliqué dans plusieurs travaux en relation avec les SATP. Entre autres exemples, il a collaboré avec l'Université McGill à la conception d'un outil de la technologie d'imagerie hyperspectrale pour la détection et la surveillance en basse altitude (Conseil national de recherche Canada, 2019c). Il travaille aussi sur l'étude des SATP en tant que composante dans l'avenir de la mobilité aérienne (Conseil national de recherche Canada, 2019d).

Le domaine agricole utilise lui aussi cette technologie dans la gestion de ses activités (agriculture de précision). Au niveau national, il existe un Centre de recherche et de développement à Saint-Jean-sur-Richelieu. Disposant de deux (2) fermes et d'un site expérimental, il développe des connaissances, des outils et du savoir-faire principalement dans les domaines de la protection des cultures horticoles (Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2019). Le Centre a par ailleurs des équipes qui travaillent sur l'intégration des différents outils technologiques dans le suivi et la gestion des activités de cette discipline.

Ces équipes pratiquent une agriculture où se mêlent des capteurs de tous genres, aux drones, au GPS, aux images satellites, à l'intelligence artificielle... une méthode qui a pour objectif, au-delà d'augmenter la productivité, de réduire les effets néfastes sur l'environnement (Boutros, 2019). Ces dernières années, le Centre a mis en place une nouvelle équipe spécialisée en télédétection à basse altitude, en observation de la Terre et en agriculture de précision.

L'institut national de la recherche scientifique (INRS) fait aussi usage de cette technologie pour mener des recherches. Son centre *eau terre environnement* dispose d'une infrastructure de recherche qui développe des approches et des algorithmes pour le suivi de l'environnement par des capteurs embarqués sur des SATP. Appelé Laboratoire de télédétection environnementale par drone (TED), il « *a pour mission de contribuer à l'amélioration des connaissances dans l'utilisation de données acquises par drone pour des problématiques environnementales.* » (Institut national de la recherche scientifique, 2019).

Le laboratoire TED dispose de différents types de SATP et d'une large gamme de capteurs. Il allie la richesse et la qualité de l'information issue de la télédétection à la flexibilité d'intervention permise par les SATP, et ce pour explorer une niche de recherche et développement anciennement inexploitée (Institut national de la recherche scientifique, 2019). Ses domaines d'application figurent sur son site internet comme suit :

- agriculture de précision (fertilisation, irrigation, érosion, phytoprotection),
- suivi des écosystèmes aquatiques,
- qualité de l'eau,
- caractérisation des habitats,
- sécurité publique (inondations, embâcles, déversement),
- géomorphologie,
- détection des plantes envahissantes,
- industrie minière,
- foresterie,
- spectroscopie (sol, neige, minéraux),
- orthophotographie et Modélisation 3D,
- simulation de données satellitaires.

À côté de ces exemples, nous ne saurions dresser la liste exhaustive de toutes les unités et laboratoires de recherche dans les universités ou les organismes dédiés aux R&D à l'échelle nationale. Notre présentation sert surtout à mettre en lumière les possibilités de ressources qui s'offrent à toute organisation désireuse d'évoluer dans la prise en main de cette nouvelle technologie dans un contexte assisté et conseillé.

2- Centres de compétences

La zone créée pour la recherche et le développement dans la province du Québec se trouve à proximité de la ville d'Alma, au Saguenay-lac-St-Jean. Elle draine beaucoup d'entreprises en relation avec l'industrie des SATP; profitant en plus des installations aéroportuaires (Économie et Innovation Québec, 2019). Nous avons choisi de présenter deux exemples d'institutions impliquées dans cette industrie, qui sont considérés comme

les fers de lance à l'échelle du Québec : le Centre de géomatique du Québec (CGQ) et le Centre d'excellence sur les drones (CED) qui ont d'ailleurs accepté de collaborer activement à la présente étude, en particulier en faisant partie du comité de lecture.

Ces deux organismes nous ont aussi fourni des compléments d'information en lien direct avec leurs expertises respectives dans le domaine.

a- Centre de Géomatique du Québec

Le CGQ est un organisme parapublic à but non lucratif qui possède le statut de centre collégial de transfert de technologie (CCTT). Créé en 1998, son mandat est « *d'aider les organismes et les entreprises publiques et privées dans le processus de géomatisation de leurs activités.* » (Centre de géomatique du Québec, 2019a). Le CGQ a des relations avec l'industrie du SATP qui remontent à 2005-2006. En effet, il est parmi les premiers qui ont utilisé cette technologie dans la prise d'images du sol, prenant le risque propre aux démarches d'essai de nouvelle technologie en émergence (Boivin-Forcier, 2018). Le CGQ a manipulé et a intégré cet outil dans ses études et ses travaux, si bien qu'il est compté parmi ceux qui ont contribué au développement de ce marché (Ibid.). Ses valeurs organisationnelles sont axées sur la satisfaction du client, la compétence et le dynamisme. En outre, son équipe affiche la volonté d'être et de demeurer à la fine pointe de la technologie (Centre de géomatique du Québec, 2019a).

Le CGQ possède un éventail de services étoffé. Son équipe innove dans plusieurs secteurs et œuvre à combler les besoins de sa clientèle en géomatique par (Centre de géomatique du Québec, 2019b) :

- l'élaboration des stratégies de géomatisation,
- l'analyse des acquis et des besoins,
- la rédaction de plans d'action et d'implantation,
- l'accompagnement stratégique en géomatique,
- le suivi et le support dans la stratégie de géomatisation,
- l'assistance dans les choix technologiques,
- l'aide à la rédaction de devis d'appel d'offres,
- l'aide dans le processus d'embauche de personnel en géomatique.

Le centre est aussi impliqué dans l'aide aux municipalités. Il offre les mêmes services d'aide, d'assistance et d'accompagnement qu'aux restes des entreprises du Québec.

« Fort d'une expérience de plus de dix ans dans le secteur municipal, le CGQ est un chef de file en matière de développement de stratégie de géomatisation pour les municipalités. Au cours des différents mandats, le CGQ a développé des partenariats avec plusieurs intervenants du monde municipal, dont l'UMQ et l'AGMQ. »

(Centre de géomatique du Québec, 2019c)

Les travaux que le centre a menés, impliquant des SATP, sont multiples et de différentes natures. Le tableau suivant donne la liste à jour de ces projets. Il nous a été fourni⁵ par M Patrick Ménard, directeur technique du centre.

Tableau 5 : Liste non exclusive des projets du CGQ impliquant des SATP de 2015 à 2019

Date	Projet	Partenaire
2016-2019	<i>Development of an autonomous aerial photogrammetry system for metric inspection of vertical infrastructures</i>	<i>Industrial Skyworks</i>
2016-2019	Développement d'un service de détection et d'inventaire de cervidés dans les parcs urbains et périurbains par imagerie aérienne acquise par aéronef sans pilote	Microdrones
2017	Développement d'un service d'évaluation volumétrique de monticules de matériaux en contexte industriel à l'aide d'un aéronef sans pilote (ASP)	Arrimage Québec - QSL
2017	Mise en place d'une solution de détection des eaux stagnantes sous couvert de végétation par drone	Conseillers forestiers Roy
2016	<i>Determining the capacities and limitations of unmanned aerial photogrammetry for mapping and assesing unpaved roads</i>	<i>Fugro Roadware</i>
2015-2018	Intégration de systèmes Lidar sur aéronefs sans pilote (ASP) et développement d'applications	<i>ING Robotic Aviation</i>
2016	<i>Evaluation and improvement of camera orientation parameters calculated from unmanned visible and infrared aerial imagery</i>	<i>Industrial Skyworks</i>
2016	Évaluation d'un système drone-capteur pour des opérations en milieu forestier et développement d'une méthodologie de traitement d'images pour la stéréoscopie 3D	<i>LB Profor</i>
2016	Développement d'un outil pour le dépistage en temps réel des cultures à partir d'un aéronef sans pilote (ASP)	Koptr Image
2016	Intégration d'un système INS-GNSS de grande précision sur un drone et évaluation des performances pour le géoréférencement direct	Kildir

⁵ Communication par courriel du 23 octobre 2019.

2015	Intégration et évaluation de nouveaux capteurs sur un aéronef sans pilote	<i>Hovercam Media</i>
------	---	-----------------------

b- Centre d'excellence sur les drones (CED)

Le CED est une communauté d'intérêts et en même temps un organisme sans but lucratif (OSBL) « *travaillant au développement, à la gestion et à la promotion d'une gamme de services, d'expertise et de compétences liées au secteur des drones.* » (Centre d'excellence sur les drones, 2019a). Fondé en 2008 (Jolicoeur, 2017), le CED est basé à l'aéroport d'Alma et offre ses services à l'échelle internationale. Il propose un environnement de recherche et de développement, de tests en vol ou au sol et de partenariat entre acteurs de l'industrie (Centre d'excellence sur les drones, 2019a).

De par son expertise et son réseau de membres, le CED se positionne comme un pôle d'expertise dans les différents segments de marchés des SATP dont les opérations, la fabrication, la formation et la recherche et développement.

Entre autre services, le centre offre :

- un accès à plusieurs zones de vols dédiées aux recherches et aux essais,
- des occasions de réseautage, d'échanges et de développement de partenariats,
- des infrastructures aéroportuaires, industrielles et de formations,
- des commodités et des équipements.

Le CED offre aussi des services d'accompagnement technique auprès des entrepreneurs potentiels ou des gens en activité. Dans cette gamme de services, nous pouvons citer⁶ :

- aide au développement de nouvelles opérations (COAS, SOP, Manuel d'opérations),
- aide au développement de nouvelles technologies (plateformes, systèmes embarqués, post-traitement),
- étude d'opportunités,
- développement de nouveaux modèles d'affaires,
- développement d'applications pour les usagers,
- développement de preuves de concept,
- élaboration de contenus de formation,
- projets de recherche.

Depuis sa création, le CED a supporté sur son site, en collaboration avec Transports Canada et NAV Canada, plusieurs opérations d'envergures uniques au Canada. Ces équipes ont participé à réaliser plus de 200 sorties, cumulant près de 175 heures de vol. De ces opérations, voici quelques premières canadiennes notables⁷ :

- opérations dans des espaces sous la gestion du Centre de contrôle régional de Nav Canada à Montréal (Dorval),

⁶ Communication par courriel avec M. William De Keiser, Directeur du Créneau d'Excellence drones civils et commerciaux, le 2 décembre 2019.

⁷ Ibid.

- opérations à des températures inférieures à -20 °C,
- vols à vue, aux instruments et VFR Over The Top (au-dessus de la couche de nuage),
- transferts entre deux stations de contrôles,
- vols dont la gestion et la communication se faisaient avec des appareils via SATCOM,
- opération de deux systèmes simultanés,
- premiers vols devant public,
- ATP d'un poids allant jusqu'à 4 tonnes et d'une envergure jusqu'à 45 pieds,
- vols contrôlés jusqu'à une distance de 250 km du centre de contrôle.

Le CED est aussi un complexe d'essais ayant des infrastructures et des équipements de pointes permettant aux entreprises le développement d'opérations et de systèmes. Les besoins des industries de la sécurité publique et civile, agricole, forestière, minière, gazière, pétrolière et hydroélectrique sont reproduits grâce aux installations et aux équipements suivants⁸ :

- un site aéronautique axé sur le développement,
- une piste asphaltée de 5 000 pieds par 100 pieds,
- des zones d'essais dédiés au BVLOS, disponible sur 120 000 km²,
- un bâtiment avec accès contrôlé incluant des espaces de travail,
- une reconstruction fidèle de différentes infrastructures industrielles,
- un système de détection et de gestion du trafic aérien.

En tant que communauté d'intérêts, le CED fédère aussi bien les acteurs économiques que les institutions académiques et les organismes de recherche et développement. À travers le créneau d'excellence sur les drones civils et commerciaux, il regroupe « *l'ensemble des acteurs industriels, commerciaux, techniques, scientifiques et gouvernementaux de la région du Saguenay–Lac-Saint-Jean.* » (Économie et Innovation Québec, 2019).

Les 25 et 26 septembre 2019, le CED a d'ailleurs organisé la deuxième édition du « *UAS Tech Demo* » à Alma. Un événement qui a réuni près de 150 acteurs de l'industrie aéronautique afin de favoriser le partage des avancées technologiques des SATP et auquel nous avons eu la chance d'assister. Plusieurs sujets ont été traités lors des différentes conférences données pour l'occasion, notamment sur les opérations hors portée visuelle (BVLOS) et sur les systèmes anti-SATP et la gestion de l'espace aérien.

L'évènement incluait aussi des démonstrations de vols de quelques prototypes de SATP à l'instar du LX 300, un hélicoptère télépiloté capable de transporter jusqu'à 90 kg de charge utile, développé par la firme *Laflamme Aero*.

À cette occasion, les responsables du CED ont annoncé le lancement des travaux de construction du site pour le projet « *Qualia* ». Il s'agit d'un site réunissant de l'infrastructure ainsi que des édifices et des installations grandeur nature. Dans le cadre du projet, il sera dédié à la conduite d'essais ainsi qu'aux tests et certifications d'équipements. Il pourra aussi servir pour de la formation ou de l'entraînement sur certaines procédures.

⁸ Communication par courriel avec M. William De Keiser, Directeur du Créneau d'Excellence drones civils et commerciaux, le 2 décembre 2019.

3- Le marché de la dronautique

Il ne s'agit pas de produire ici une étude de marché détaillée, mais de dégager l'état général des lieux tout en esquissant quelques caractéristiques de l'offre de service et des prestations sur le marché. Écartant d'emblée le secteur militaire, cette section se concentre sur le domaine des applications civiles. D'abord, à l'échelle internationale, nous présentons la croissance du marché depuis les dernières années. Ensuite, nous analyserons les caractéristiques de ce dernier à l'échelle du Canada et du Québec.

Depuis le début des années 2000, le marché des petits SATP a connu une croissance exceptionnelle développant ainsi les produits et les offres de services. En effet, d'après le « *Teal Group* », la vente de SATP dans le monde était en train de passer de 4 milliards de dollars américains (G\$ US) en 2015 à 25 G\$ en 2025 (Jolicoeur, 2017). De même, « [i]l est estimé que la valeur de l'industrie des drones aux États-Unis, évaluée à 3.3 G\$ US en 2015, passerait à 90 G\$ US en 2025, soit une croissance de plus de 2600 % en 10 ans. » (Atelier urbain, 2018). Dans une publication du *Teal Group* en date du 16 juin 2019, intitulée « *Teal Group predicts worldwide civil drone production will almost triple over the next decade* » (2019), d'après Philip Finnegan, les investissements en capital-risque dans le secteur ont explosé et les géants de la technologie envisagent de plus en plus les SATP dans leur avenir. Les instances de réglementation assouplissent les lois de l'espace aérien. Les gouvernements se tournent vers les UAS pour surveiller les frontières et assurer la sécurité publique (Teal Group, 2019).

Compte tenu de cette évolution, l'utilisation professionnelle des SATP connaîtra la plus forte croissance, pour atteindre 8.8 G\$ en 2030, dans un marché dominé jusqu'alors par des investissements militaires à plus de 80 % (Jolicoeur, 2017). Cette prévision est plus conservatrice que celle donnée par le *Teal Group*, selon laquelle, l'utilisation commerciale des SATP dépassera l'usage récréatif en 2023 et deviendra le segment le plus important. Il sera multiplié par huit pour atteindre 9,5 milliards de dollars en 2028 (Teal Group, 2019). Voici un exemple des prévisions de la répartition du marché commercial pour 2020, en fonction des activités, produite par *Price Waterhouse Cooper* (PWC) et publiée dans le devoir en 2017 (Rettino-Parazelli, 2017) :



Figure 9 : Taille en (G\$) des activités commerciales des SATP en 2020

Cette diversification a fait que les coûts de production, donc les prix d'achats, ont baissé continuellement et de façon substantielle. Ceci a favorisé la démocratisation de cette

technologie ces dernières années, rendant ces machines accessibles à « tout le monde ». En corollaire, il y a eu prolifération des « vols » récréatifs. « Selon Mark Aruja, président de *Systèmes Télécommandés Canada (STC)*, il y aurait 350 000 appareils dans tout le pays. Un sur dix serait à usage commercial. » (Tardieu, 2019). Au Canada, le nombre de SATP passera de 575 600 en 2018 à plus de 1.4 million à l’horizon 2023-2024, une augmentation d’environ 250 % en 5 ans (Atelier urbain, 2018). La première vague d’opérateurs, pas nécessairement toujours formés, s’est accompagnée par une hausse notable des risques et, par le fait même, des accidents en relation avec cette pratique nouvelle. La figure suivante donne le nombre d’amendes pour non-respect de la réglementation, imposées par TC à l’échelle des provinces canadiennes durant les six (6) dernières années (Tardieu, 2019) :

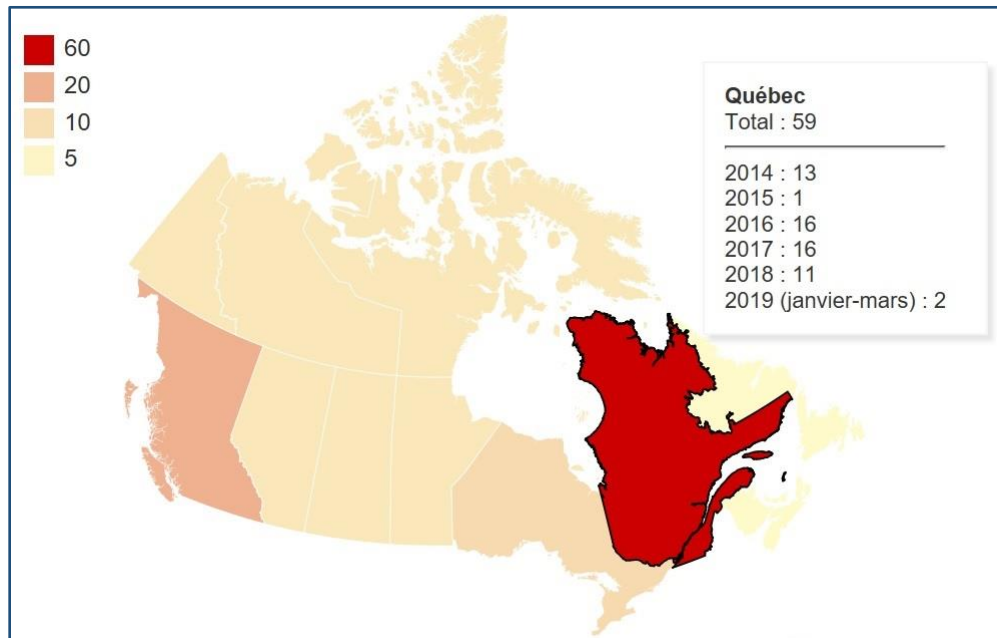


Figure 10 : Nombre d’amendes imposées par TC par province durant les 6 dernières années (2014-2019)

Cette situation, conjuguée avec le potentiel d’actes malveillants et les conséquences qui peuvent en découler, a poussé le gouvernement fédéral à légiférer sur la question d’une façon rapide et sévère, ce qui avait d’abord donné l’usage des COAS. Au Canada, 22 674 certificats ont été délivrés pour divers projets entre 2010 et fin mars 2019 (Tardieu, 2019). Le journal *Les affaires* produit une évaluation légèrement différente de ce nombre entre 2010 et 2017, illustrée à la figure suivante (Jolicoeur, 2017) :

Tableau 6 : Nombre de COAS délivrés entre 2010 et 2017, par province

Région	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017*
Pacifique	4	18	88	178	296	410	710	83
Prairies et Nord	30	58	143	247	354	276	809	137
Ontario	20	39	91	309	734	864	1104	145
Québec	3	10	11	120	127	772	1702	152
Atlantique	9	34	20	95	161	158	431	35
Total	66	159	353	949	1672	2480	4756	52

* jusqu’au 28 février 2017

S'apercevant que de telles mesures risquent de nuire à l'épanouissement durable d'une nouvelle industrie, les autorités canadiennes ont revu leurs normes pour donner un accès facilité, mais mieux encadré aux différents utilisateurs de cet outil; chacun en fonction de ses objectifs (récréatif ou professionnel). Comme nous l'avons précédemment présenté, le nouveau règlement, depuis juin 2019, vient confirmer cette orientation. Ainsi, outre les objectifs de garantir la sécurité et la régularité du domaine aéronautique, Transports Canada favorise activement le développement et l'innovation en dronautique. En revanche, d'après le président de STC, les nouvelles règles favorisent l'industrie du SATP, mais restreignent l'usage récréatif (Tardieu, 2019).

Dans un document de travail du CED (Centre d'excellence sur les drones, 2019b), les acteurs du centre dessinent les caractéristiques du marché canadien comme suit :

- *Nouveau secteur économique, expansion rapide;*
- *Mauvaise compréhension des utilisateurs ou clients potentiels;*
- *Concurrence globale agressive;*
- *Des centaines de nouvelles entreprises depuis quelques années :*
 - *Limitées au vol à vue (besoin de vol hors vue ou BVLOS),*
 - *Introduction de nouveaux acteurs : assurance, légal, gestion des données, etc.,*
- *Absence de stratégie canadienne;*
- *Modèle d'affaire à définir :*
 - *quelle est la valeur ajoutée des services par drone?*
 - *comment rivaliser et/ou travailler avec le monde de l'appareil habité?*
- *Développement de la réglementation en cours:*
 - *besoin de programmes de formation;*
 - *besoin de définir une certification des aéronefs, des systèmes de navigation et de communications, etc.*

(Centre d'excellence sur les drones, 2019c)

Au niveau du Québec, d'après le ministère de l'économie et de l'innovation « [l]e secteur des drones est l'un des principaux marchés en croissance du domaine de l'aérospatiale. » et il représente « un domaine d'avenir pour le milieu aérospatial québécois. » (Économie et Innovation Québec, 2019). En outre, ce marché offre des occasions de transfert de technologie entre les SATP et les autres secteurs de l'aérospatiale ainsi que des retombées importantes sur plusieurs secteurs bien implantés au Québec (Ibid.)

Les mesures gouvernementales favorisant la région d'Alma comme pôle pour un créneau d'excellence ont poussé le développement de sociétés québécoises et ont été un levier pour encourager les grandes entreprises à intégrer cette technologie. Hydro-Québec, par exemple, avait développé en 2017 son SATP dans son centre de recherche pour la surveillance de son réseau de distribution et d'autres, comme Gaz Métro (depuis, Énergir), lui ont emboîté le pas dans cet intérêt envers l'outil (Jolicoeur, 2017). Peu de données sont disponibles sur l'industrie québécoise des SATP. Cependant, selon un rapport du comité sectoriel de main-d'œuvre en aérospatiale (CAMAQ) en date de mai 2017, il y aurait eu 45

entreprises d'exploitation de SATP, comparativement à sept (7) en 2016 et le nombre d'opérateurs enregistrés aurait atteint 220 pilotes fin 2018 (Ibid.).

4- Expériences d'autres organismes

Dans cette partie, nous opérons un changement d'échelle pour nous concentrer sur la sphère municipale. À cet effet, dans notre collecte de données, nous avons eu des échanges (téléphone, courriel) et des entrevues en personne avec des responsables, en lien avec la question, de la part des Villes de Longueuil, de Montréal, de Québec, de Repentigny, de Sherbrooke, d'Alma et de la MRC de Vaudreuil-Soulanges.

Les personnes contactées étaient parfois la personne en charge du projet ou encore un membre d'une équipe qui s'intéresse à la question de la dronautique municipale et/ou qui a eu l'opportunité de manipuler un SATP dans le cadre de ses activités professionnelles. Nous avons ainsi eu l'occasion de partager nos expériences respectives dans l'intégration et la gestion de cet outil dans un contexte municipal.

Aucune municipalité contactée n'a entamé un processus complet d'intégration des SATP dans ses activités, mais toutes ont abordé au moins partiellement la question. Pour certaines, on attend l'achèvement de la phase de certification des pilotes pour devenir complètement opérationnel, pour d'autres on affiche un intérêt pour l'idée d'une intégration future.

À la MRC de Vaudreuil-Soulanges, le service de Sécurité Incendie a mis en place une équipe de 12 agents disposant d'un véhicule dédié et opérant, essentiellement, dans le sauvetage hors route. Les pilotes sont en fin de processus d'obtention des certificats pour opérations avancées. L'unité deviendra donc pleinement opérationnelle d'ici peu. D'autres opérations ont eu lieu dans le cadre du mandat de gestion des cours d'eau par la MRC, mais celles-ci ont été assurées par une firme externe.

La Ville de Montréal, pour sa part, possède deux expériences distinctes au sein de deux services : le service géomatique et le service des grands parcs. Le premier opère des SATP depuis un peu moins de trois ans. Au départ, les travaux étaient exécutés via des firmes privées. À force d'observation et de recherches, les employés ont mis en place des procédures internes pour la conduite d'envolées efficaces et réglementaires en guise d'essai des potentialités de l'outil. Ils bénéficient de cette technologie dans le suivi des parcs de dépôt de neige et dans la cartographie de terrain. Ils testent aussi différents logiciels de post-traitement comme les logiciels Pix4D Mapper, Correlator 3D de SimActive ou encore TerraScan – Terrasolid pour les données Lidar.

Le service des grands parcs utilise le SATP dans diverses applications telles le suivi des plantes invasives ou l'observation des ravages de cerfs. Ils l'ont aussi utilisé pour comparer des images de différentes hauteurs dans la planification de la construction d'un observatoire. Pour ces deux services, le besoin ainsi que l'apport de cet outil dans leurs activités n'est plus à démontrer. Ils sont en processus d'obtention des licences réglementaires pour poursuivre l'intégration de cette technologie.

Ensuite, en revenant aux autres Villes approchées, on constate que plusieurs ont des projets en cours. La Ville de Sherbrooke, par exemple, vient de mettre en place une équipe ad-hoc rassemblant les services de Police, de Sécurité civile, de géomatique et des Technologies de l'information. L'objectif de ce comité est de formuler des recommandations et des orientations à la direction générale pour encadrer la pratique et profiter de cette technologie émergente.

La Ville de Repentigny, pour sa part, est impliquée dans un projet d'étude sur deux ans, coordonné par l'organisme IVÉO, en partenariat avec neuf autres municipalités. Pour son service de géomatique, la Ville a déjà eu recours à l'utilisation des SATP, notamment durant les inondations de 2017, mais toujours en faisant appel à une firme spécialisée.

La Ville de Québec avait quant à elle mené une étude pilotée par la division arpentage et géomatique sur ses besoins au regard de cette technologie. Cette étude s'était effectuée bien avant la parution de la réglementation en vigueur. La Ville a pu constater que les besoins d'alors étaient insuffisants pour justifier l'acquisition de cette technologie. De même, une des conclusions de l'étude était que la technologie changeait rapidement et que beaucoup de gestion était à prévoir (autorisations de TC, formations, etc.). La Ville a donc choisi d'attribuer des contrats à l'externe en cas de besoin avéré et de continuer de procéder à une veille sur l'évolution du domaine.

VII- Description des besoins de la municipalité

Pour arriver à recenser les besoins de la Ville en ce qui a trait à l'utilisation des SATP, nous avons tenu une série d'échanges avec la plupart des services. Le point culminant de cette phase était le sondage que nous avons décrit succinctement dans la présentation de la démarche de l'étude. La partie suivante est dédiée à l'analyse des réponses et des échanges associés. À noter que les cas des services **Incendie** et de **Police** seront traités séparément au vu de la nature particulière de leurs contextes d'interventions respectifs.

Dans le cadre du sondage effectué auprès des services, et dans un objectif de vulgarisation, l'emploi du terme « drone » a été privilégié au lieu du terme SATP, plus approprié, et utilisé dans le reste du rapport.

1- Les participants au sondage

Le sondage a consisté dans un premier temps à cibler les services susceptibles, de par leurs activités et mandats, de recourir à ce type de technologie. Un total de 14 services ont été identifiés (voir figure 10) et à chacun d'entre eux a été demandé de désigner une ou plusieurs personnes, volontaires, et habilités à répondre au sondage au nom du service. Au final, 36 personnes ont participé au sondage, réparties au sein des 14 services précités.

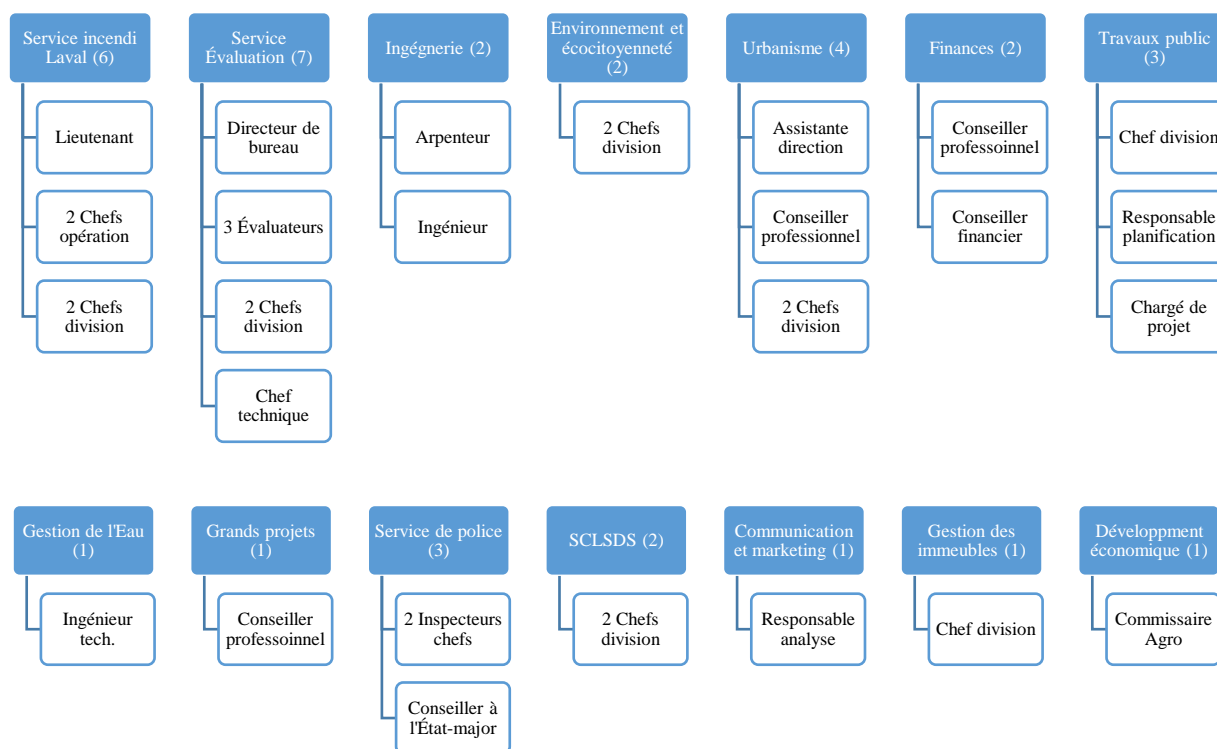


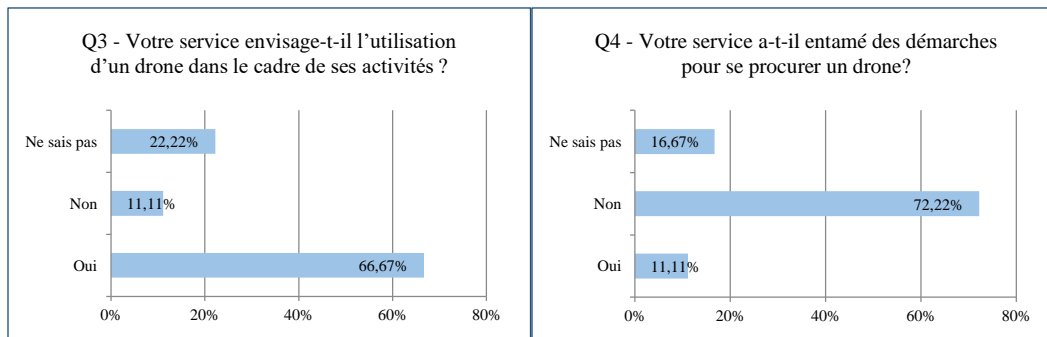
Figure 11 : Répartition des participants par service et par poste

2- Vue d'ensemble

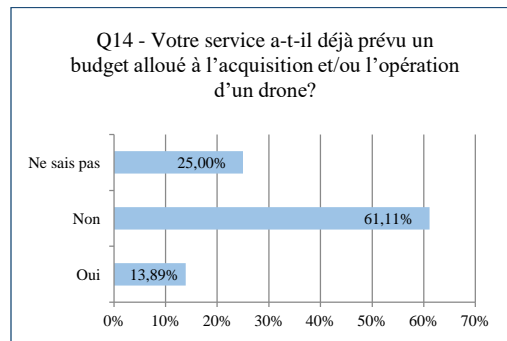
Les questions étaient réparties en six (6) thèmes. Après les deux premières questions servant à identifier les répondants pour le contexte du sondage, chaque série de questions était en relation avec un aspect spécifique de l'utilisation des SATP.

a- « Les drones dans votre service » (Q3 à Q7)

La troisième et la quatrième question avaient respectivement pour objectifs de savoir si le service sondé envisage l'utilisation d'un SATP et s'il a entamé des démarches pour s'en procurer un. 67 % des répondants ont affirmé que leurs services envisagent l'utilisation de cet outil dans leurs activités.



Cependant, 72 % mentionnent qu'ils n'ont encore entamé aucune démarche pour se procurer ce type d'équipement. Ceci est à mettre en relation avec la question 14 pour laquelle 61 % des répondants ont indiqué ne pas avoir alloué de budget à l'acquisition ou à l'opération de cette technologie.



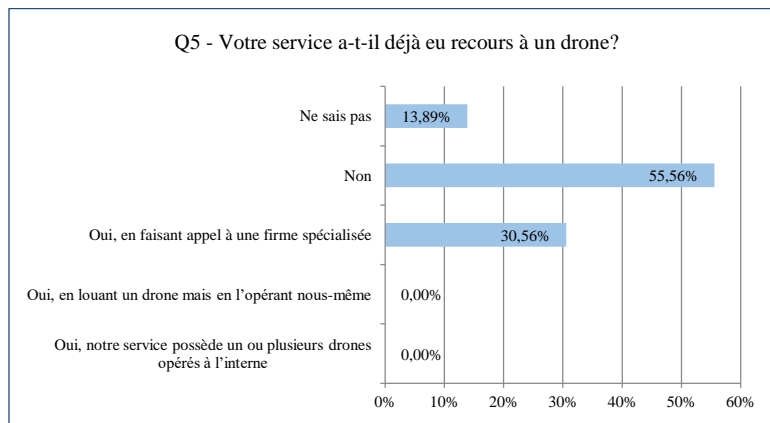
Cette lecture nous permet de constater un fort engouement pour l'utilisation de cet outil, accompagné cependant, et paradoxalement semble-t-il, de peu d'actions pour aller de l'avant avec l'intégration de la technologie dans les boîtes à outils des différents services. Ceci se confirme d'ailleurs par la faible certitude des employés vis-à-vis l'existence d'un budget alloué pour l'acquisition et/ou la manipulation d'un drone, à l'exception du service de Police.

Ce constat peut s'expliquer d'abord par une certaine résistance face à une technologie relativement nouvelle. De plus, depuis l'avènement récent des SATP, les médias ont participé à dessiner, à plus ou moins juste titre, un halo de perceptions relatives aux risques

et problématiques (sécurité, protection de la vie privée, utilisation malveillante, etc.) entourant cette technologie. D'autre part, au cours des dernières années, la réglementation encadrant l'usage des SATP n'a cessé d'être modifiée ; des arrêtés d'urgence ont été émis pratiquement à chaque année depuis 2011. De même, avant l'entrée en vigueur de la dernière réglementation, la procédure d'obtention des autorisations de vol était laborieuse, complexe et à l'issue incertaine.

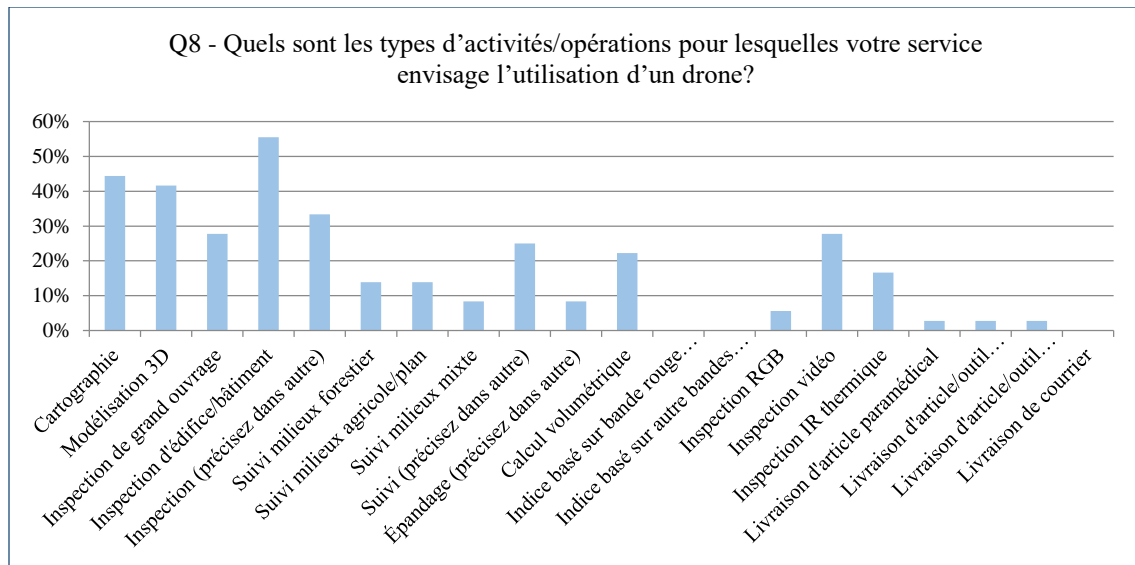
En dernier lieu, mettre en place et assurer la gestion d'un ou de plusieurs équipages (pilotes et observateurs) est un défi organisationnel en soi. Par exemple, la sélection des employés affectés à une tâche afférente à l'opération d'un SATP peut s'avérer problématique du point de vue « ressources humaines ». De plus, il faut assurer la mise en place de programme de formations dédiées ainsi que le maintien à jour des connaissances avec la tenue des registres réglementaires.

Pour ce qui est d'avoir déjà eu recours à cette technologie par le passé (question 5), 55% des répondants ont répondu par la négative, alors que 31 % indiquaient avoir déjà eu recours à cette technologie en faisant appel à une firme spécialisée. De même, en date du sondage, aucun service n'avait accès à un drone en opération, ni en achat, ni même en location.



b- « Besoins de votre service » (Q8 à Q15)

Les quatre (4) premières questions de ce thème (Q8 à Q11) étaient à choix multiples. La question 8 se rapportait aux types d'activités/opérations pour lesquelles le service envisage l'utilisation d'un drone. En classant les réponses en ordre décroissant on trouve : l'inspection d'édifices ou de bâtiments (56 %), la cartographie (44 %), la modélisation 3D (42 %), viennent ensuite les opérations d'inspections, autres que d'édifices et de bâtiments (33 %), le calcul volumétrique (22 %), les relevés thermiques (17 %) ou encore le suivi de milieu agricole ou naturel avec 14 %.



On peut déduire de ces résultats que le type d'opération le plus souvent retenu est le support à différents types d'inspections (bâtiment, édifice, grand ouvrage, thermique...) dans la mesure où l'utilisation du drone représenterait une valeur ajoutée. Nous remarquons que les activités les plus cotées sont des tâches communes à la plupart des services. En même temps, ces activités sont les plus connues à pouvoir être exécutées par drone en remplacement de pratiques traditionnellement coûteuses (relevés terrain) ou nécessitant des dispositions administratives ou sécuritaires étoffées (sécurité et encadrement logistique entourant l'inspection d'édifices ou de grands ouvrages).

Les opérations les moins retenues concernent des activités spécialisées et propres à certains services (suivi de milieu agricole/forestier, l'épandage) ou des activités qui font appel à des capteurs et/ou des connaissances spécifiques (les indices) ou encore à des activités non pertinentes dans le domaine d'affaire des services sondés (ex. livraison de courrier).

Le tableau 5 représente une ventilation de ces mêmes réponses par service. Parmi certains constats permis à l'observation des résultats, on peut noter que le service de l'Urbanisme est celui qui a fait le plus de choix d'opérations (12/20), suivi par les services de Police, de l'Environnement, et de l'Évaluation avec neuf choix parmi les 20 proposés. À ce groupe, on peut ajouter les services d'Incendie et des Travaux publics (8/20) pour « isoler » éventuellement une catégorie de services qui semblent déjà relativement bien connaître les opérations dont ils auraient besoin.

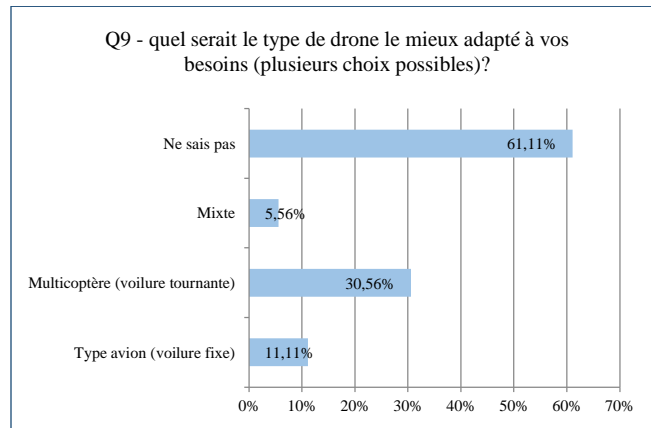
De même, on constate que les services de Police et d'Incendie ont choisi respectivement neuf et huit applications possibles où ils envisagent utiliser des SATP. Il y a consensus sur l'utilisation des SATP dans un contexte d'inspection (tous types confondus), ce qui s'avère parfaitement cohérent avec la nature des activités opérationnelles de ces services (voir section dédiée aux besoins spécifiques des services Police et Incendie).

Tableau 7 : Nombre de choix d'applications par service

	Cartographie	Modélisation 3D	Inspection de grand ouvrage	Inspection d'édifice/bâtiment	Inspection (autre)	Suivi milieux forestier	Suivi milieux agricole/plan	Suivi milieux mixte	Suivi (autre)	Épandage	Calcul volumétrique	Indice (rouge et PIR)	Indice (autre)	Inspection RGB	Inspection vidéo	Inspection IR thermique	Livraison d'article paramédical	Livraison d'article/outil (utilisation)	Livraison d'article/outil (public)	Livraison de courrier	Nombre d'applications choisies (/20)
Police (3)	2	2		1	2	1			1						3	2	1				9
Incendie (6)	1		1	6		1		1						1	2				1		8
Évaluation (7)	4	4	3	6	3		2				1			1	2						9
Ingénierie (2)	2	2	1	1							2										5
Urbanisme (4)	3	3	2	3	2	1	1	1	1		1			1	2						12
Environnement (2)	2				1	1	1	1	1	1					1	1					9
Finances (2)	1	1									2										3
Travaux public (3)		1	1		3	1			3	2	2								1		8
Gestion de l'eau (1)									1												1
Grands projet (1)		1	1	1																	3
SCLSDS (2)			1	1					1												3
Communication et marketing (1)	1								1												2
gestion des immeubles (1)		1		1	1											1					4
Développement économique (1)							1								1						2
Total du nombre de fois choisi (/36)	16	15	10	20	12	5	5	3	9	3	8	0	0	2	10	6	1	1	1	0	127

Concernant le type de machine (questions 9), 31 % misent sur les multicoptères (VTOL) alors que 61 % disent « ne pas savoir ». Seulement 11% ont voté pour les modèles à voilure fixe et 5 % ont fait le choix du type mixte. Le chiffre de 61% de répondants ne se prononçant pas est probablement à relier avec le peu de connaissances des propriétés spécifiques des différents types de machines. Quant au vote massif pour les VTOL, il

s'explique en partie par le fait que c'est le modèle le plus répandu dans les produits commerciaux « grand public ». C'est d'ailleurs aussi le modèle le plus aisé à opérer...



Le tableau 6 représente une ventilation de ces mêmes réponses par service.

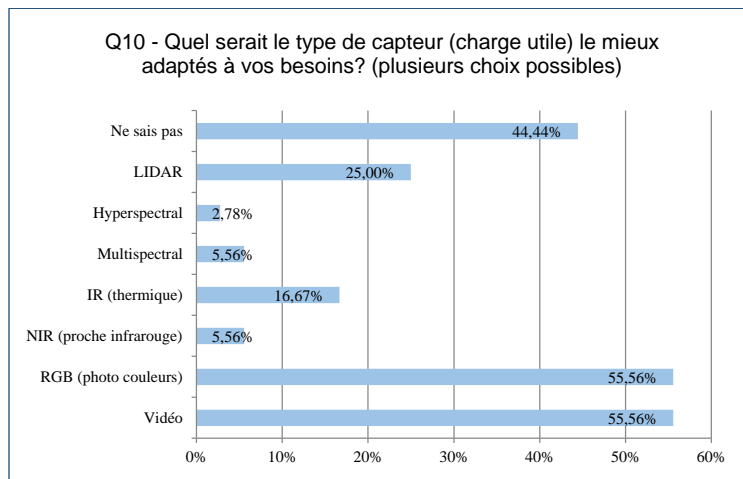
Tableau 8 : Choix du type de SATP par service

	Voilure fixe	Multicoptères	Mixte	Ne sais pas
Police (3)		2		1
Incendie (6)		4		2
Évaluation (7)		1	2	4
Ingénierie (2)	1	1		1
Urbanisme (4)	1	2		2
Environnement (2)	1	1		1
Finances (2)	1			1
Travaux public (3)				3
Gestion de l'eau (1)				1
Grands projet (1)				1
SCLSDS (2)				2
Communication et marketing (1)				1
gestion des immeubles (1)				1
Développement économique (1)				1
Total du nombre de fois choisi	4	11	2	22

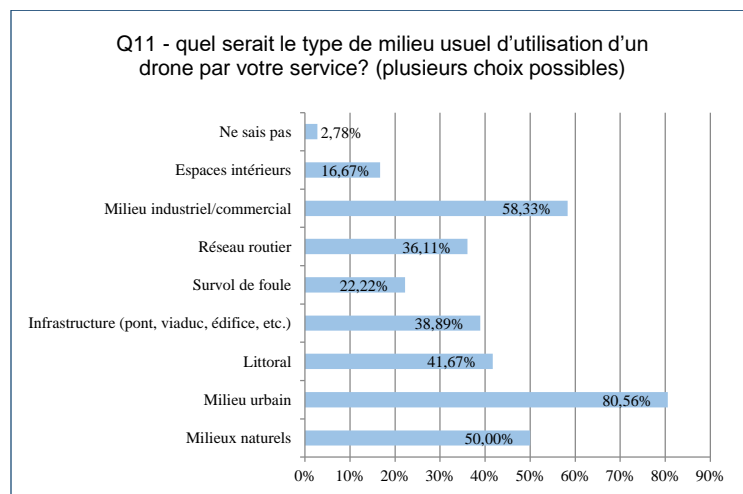
D'après le tableau, seulement sept (7) services se sont prononcés sur la question et ont fait un choix autre que « ne sais pas ». Parmi ces services, quatre (4) se sont portés vers le type

« voilure fixe » : les services de l’Urbanisme, de l’Environnement, de l’Ingénierie et des Finances. Ceci peut être mis en lien avec la nature des espaces et des phénomènes ou dynamiques sur lesquels ces services sont coutumiers d’intervenir. Considérant de plus les activités identifiées précédemment, on constate que leur ATP serait souvent appelé à couvrir de grandes distances et/ou superficies ; utilisation pour laquelle on privilégiera justement les types « voilure fixe ».

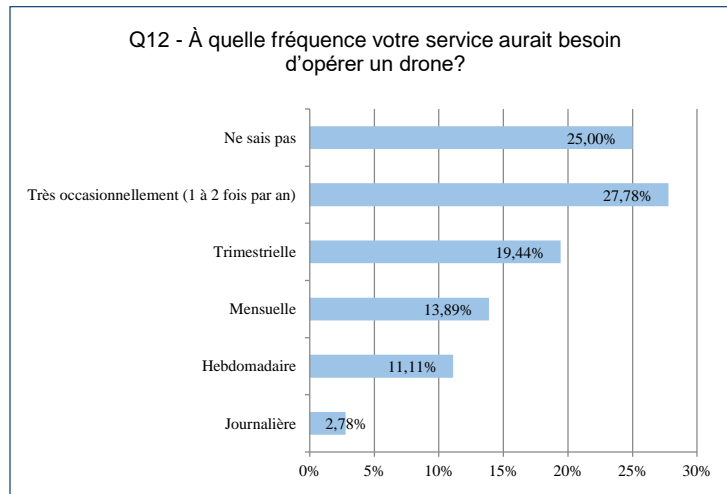
Les services de Police et d’Incendie ont opté pour l’usage des VTOL et ni l’un ni l’autre n’a considéré les deux autres types. On en revient probablement à la nature opérationnelle de ces deux services qui favorise nettement l’utilisation des multicoptères de par la flexibilité de leurs mouvements au regard des environnements d’intervention.



Quant à la charge utile (questions 10), 56 % ont opté pour des capteurs de base (vidéos et images RGB), 25 % pour le Lidar et 17 % pour l’infrarouge thermique. À noter que près d’une personne sur deux ne s’est pas prononcé (44.5 %). Ces résultats sont en cohérence avec le type d’utilisation ciblée (cartographie, modélisation, suivi, inspection), considérant par ailleurs que l’utilisation d’un capteur vidéo peut répondre à la fois à un besoin « temps réel » (ex. intervention en sécurité civile), mais aussi à un besoin d’interprétation post-intervention dans un cadre d’analyse ou de documentation.



À la question 11, nous cherchions à savoir quel serait le type de milieu usuel envisagé pour l'utilisation d'un SATP par le service, plusieurs choix simultanés étant possibles. Ainsi, 80 % des répondants ont identifié le milieu urbain, 58 % le milieu industriel ou commercial, 50 % les milieux naturels, 42 % le milieu littoral et 39% le survol d'infrastructures (ponts, viaducs, édifices, etc.).



Concernant la fréquence d'utilisation envisagée (question 12), 28 % des répondants se sont prononcés pour une utilisation très occasionnelle (1 à 2 fois par an), 19 % pour une utilisation trimestrielle, 14 % mensuelle et 11 % pour une utilisation hebdomadaire. Le tableau plus bas permet de constater que les services de Police et d'Incendie sont globalement les seuls à avoir envisagé une fréquence hebdomadaire d'utilisation. Le choix unique d'utilisation journalière de la part de l'Urbanisme pouvant être qualifié marginal.

Tableau 9 : Fréquences anticipées d'intervention par service

	Journalière	Hebdomadaire	Mensuelle	Trimestrielle	Très occasionnellement	Ne sais pas
Police (3)		2	1			
Incendie (6)		2	1	1	1	1
Évaluation (7)			1	2	3	1
Ingénierie (2)				1		1
Urbanisme (4)	1			1		2
Environnement (2)			1		1	
Finances (2)					2	
Travaux public (3)				2		1
Gestion de l'eau (1)						1
Grands projet (1)					1	
SCLSDS (2)					1	1

Communication et marketing (1)						1
gestion des immeubles (1)			1			
Développement économique (1)					1	
Total du nombre de fois choisi	1	4	5	7	10	9

c- « Relations avec le domaine aéronautique » (Q16 à Q18)

Plusieurs questions portaient sur les relations des employés sondés avec le domaine de l'aéronautique et sur leurs connaissances générales relatives à l'utilisation de ce genre d'équipement. Dans l'ensemble, la grande majorité des répondants n'ont aucune notion aéronautique (question 16) incluant la détention d'une licence de pilote (avion, hélico. drone...). Cependant, 22 % des répondants indiquent avoir déjà piloté un SATP (question 17). Notons aussi plus généralement que l'étude réalisée, incluant ce sondage, a permis d'identifier les personnes (au nombre de 14) possédant des qualifications dans le domaine du pilotage en général, et des drones en particulier.

d- « Connaissances générales relatives à l'opération d'un drone » (Q19 à Q21)

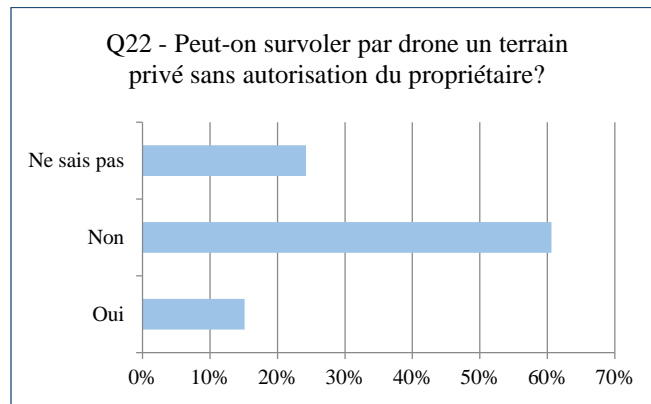
Pour ce qui est des équipements afférents à une opération (question 19), question au demeurant plutôt pointue, les réponses étaient disparates et permettent de conclure que sauf exception, il y a méconnaissance de la gestion opérationnelle d'un SATP. Cependant, à la question 20 portant sur quatre (4) composantes centrales à considérer (performance et efficacité, vie privée, sécurité, coût opérationnel) les répondants ont considéré comme « très importantes » les trois premières et comme importante la dernière. Ceci indique que malgré la méconnaissance du détail de la gestion opérationnelle, les gens sont conscients des défis majeurs du recours à cette technologie.

À la demande de classer les paramètres d'opérations, du point de vue des répondants et parmi ceux qui leurs ont été proposés, on trouve successivement : la sécurité, la performance, la vie privée et le coût d'opération ferme la marche. Il y a quand même deux réponses qui trouvaient que la vie privée n'était pas du tout importante comme paramètre à intégrer dans la gestion d'une mission.

e- « Quizz » (Q22 à Q26)

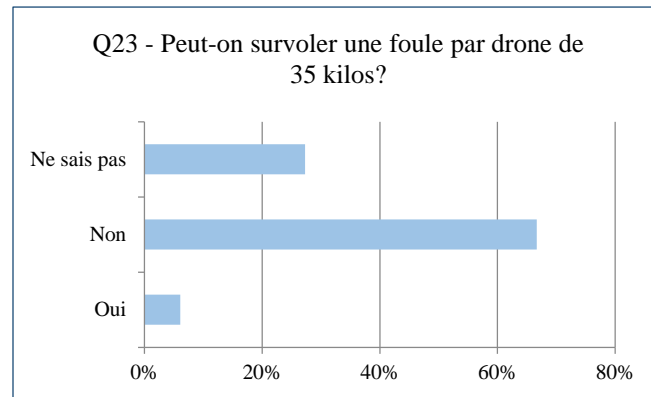
Les questions 22 à 26 présentées sous forme de « quizz » portaient volontairement sur des cas de figures ambiguës ou complexes, mettant l'accent sur l'importance de bien maîtriser l'ensemble des paramètres et contraintes d'opération d'un SATP. De même, ce quizz se voulait l'expression de la multitude des contextes opérationnels, combinaison du type de matériel, de charge utile et d'environnement.

Question 22



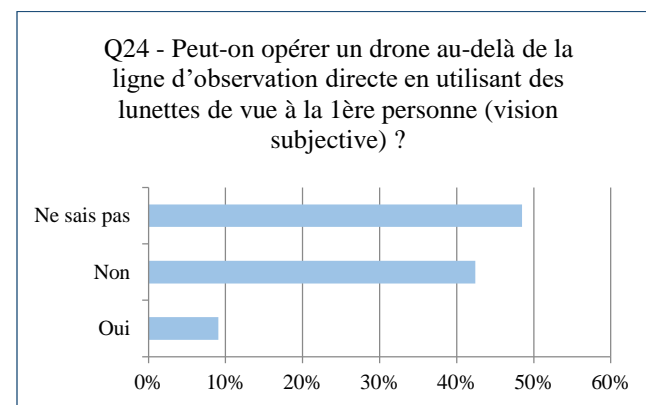
Réponse : En aucun cas. (Sauf urgence : police, pompiers, instances habilitées)

Question 23



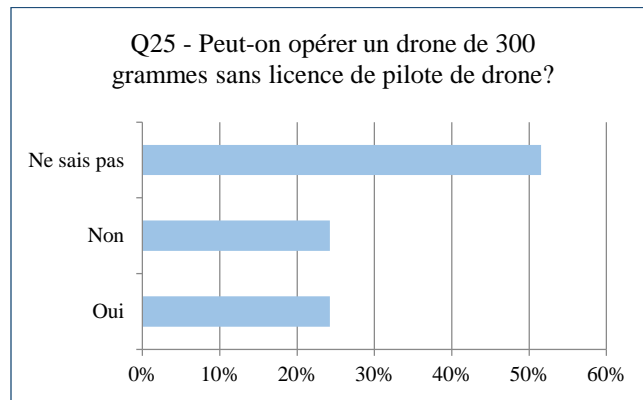
Réponse : Non, à moins de posséder un COAS permettant l'utilisation d'un SATP de plus de 25 kg. De plus, il y a nécessité de posséder un certificat pour opérations avancées.

Question 24



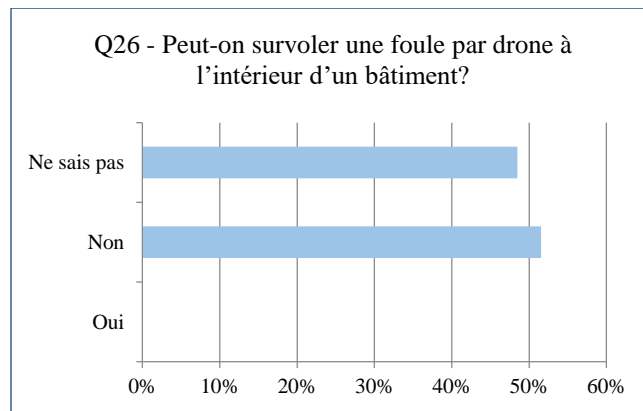
Réponse : Oui, à condition d'être accompagné par un ou plusieurs observateurs. Dans le cas contraire (pilote seul), la réponse est non, en aucun cas.

Question 25



Réponse : Non, car le SATP pèse plus de 250g

Question 26



Réponse : Le RAC ne s'applique pas aux opérations intérieures. Cependant, cela n'exclut pas la responsabilité de garantir la sécurité des personnes survolées. La réponse est donc oui, mais à éviter car les opérations intérieures sont le plus souvent synonymes de contraintes de vol plus importantes (obstacles présents dans tous les axes, peu ou pas d'espace de dégagement, absence de signal GPS, nécessite un temps de réponse rapide en cas de problème technique).

3- Besoins spécifiques

Cette partie est consacrée d'une part à une synthèse non exclusive des besoins énoncés par les services sondés lors de la présente étude, et d'autre part, à aborder plus spécifiquement les besoins énoncés, par les services Incendie et de Police de Laval, qui ont fait l'objet de rencontre et d'échanges dédiés en marge du sondage.

a- Synthèse des besoins énoncés par les services sondés

- Service de l'Évaluation : C'est le service qui a fourni le plus de participants. Il n'a pas eu recours à cette technologie par le passé, mais ses répondants sont au fait des champs d'applications possibles de cette technologie. Ils comptent l'utiliser pour

divers types d'inspections (édifices, bâtiments, grands ouvrages) en plus de la cartographie et de la modélisation. Les capteurs d'images et de vidéos seraient les plus privilégiés et les lieux anticipés pour des interventions seront essentiellement les milieux urbains industriels et commerciaux; à une fréquence plutôt trimestrielle.

- Service de l'Urbanisme : Avec quatre participants, c'est le service qui a retenu le plus de choix d'activités possibles pour l'utilisation des SATP. On l'utiliserait pour de la cartographie et de la modélisation essentiellement, mais aussi pour du suivi et de l'inspection en tous genres : suivi de l'évolution de milieux urbains en développement ou redéveloppement, analyse et modélisation de la trame de rues et des bâtiments, inspection de remblais ou de coupes d'arbres, etc. À une fréquence probablement trimestrielle, le SATP serait utilisé avec des capteurs d'images ou de vidéo dans des milieux et contextes variés.
- Service des Travaux publics : Ce service a déjà utilisé les SATP dans certaines de ses activités en faisant appel à une firme spécialisée. Les occasions rapportées par les répondants sont l'analyse de l'état d'un dépôt à neige, l'évaluation de l'empilement de la neige et la prise de photos de chantiers ou de travaux (coupe de gazon, soufflage, état de la chaussée, etc.) ou encore le suivi de l'état d'entretien des routes. Tout comme pour l'Urbanisme, la technologie serait utilisée à une fréquence trimestrielle et utilisée avec des capteurs d'images ou de vidéo dans des milieux et contextes variés.
- Service de l'Ingénierie : Ce service a aussi eu recours aux SATP en faisant appel à un prestataire externe (production de relevés topographiques). Dans l'ensemble, les participants de ce service n'ont pas fourni de commentaires ou de propositions en dehors des choix de réponses donnés. Les activités pour lesquelles ils anticipent l'utilisation de SATP sont la cartographie, la modélisation et le calcul volumétrique. Les capteurs ciblés sont pour des images RGB et pour des données Lidar montés sur des VTOL ou modèles à voilure fixe dans des milieux variés.
- Besoins additionnels (autres services) :
 - constater la présence de goélands, pour les effaroucher (Environnement),
 - inspection des bandes riveraines, épandage d'insecticide (Environnement),
 - suivi du couvert de glace en amont des prises d'eau afin de mieux prédire les épisodes de frasil (Gestion de l'eau),
 - suivi de la nappe de produits pétroliers et autres contaminants en cas de déversement (Gestion de l'eau),
 - photos promotionnelles de projets (Grands projets),
 - promotion des événements de grande envergure (SCLSDS),
 - inspection de surfaces, de façade d'immeubles et des tours d'éclairage, calcul de la charge de la neige sur les toitures (Gestion des immeubles),
 - réalisation de vidéos corporatives (Développement économique),
 - relevé aérien afin de déterminer la quantité de matières extraites des carrières situées sur le territoire lavallois. (Finances).

b- Service de Sécurité Incendie

En plus de la participation de ce service au sondage, nous avons rencontré le chef de la division opérations incendie, M. Claude Lussier, ainsi que le Lieutenant Mathieu Charrois de la caserne #1. Hormis un retour sur les éléments du sondage, nous avons discuté des besoins spécifiques à leur corps de métier. C'est à cette occasion qu'il a été décidé de mener un **banc d'essai** conjoint qui sera décrit plus loin.

Notons que M. Lussier nous a transmis préalablement une étude technique réalisée par le Lt Charrois et qui décrivait les principaux besoins du service au regard de l'utilisation de cette technologie dans un contexte opérationnel. De ce point de vue, le service Incendie, tous niveaux hiérarchiques confondus, est convaincu de l'utilité d'acquérir cette technologie. Cependant, au stade de la rédaction de ce rapport, aucune étape tangible d'intégration n'a été entamée.

Dans l'ensemble, leur vision de l'utilisation de cette technologie s'apparente à l'ajout d'un élément supplémentaire à leur « boîte à outils » ; au même titre qu'une caméra thermique ou qu'un camion-citerne. Le SATP serait alors une « extension » de la présence du pompier en action notamment pour atteindre des lieux difficiles d'accès, impraticables (hors route) ou présentant un danger pour la sécurité des intervenants. À cet effet, ils envisagent l'utilisation de capteurs de base (photo, vidéo et thermique) couplés à des machines **faciles à manipuler** et à **faible coût d'acquisition** au regard du risque de dommages ou de pertes matérielles.

En outre, le constat a été fait que, dans le contexte d'intervention du service rencontré, les occasions de recourir à cette technologie sont abondantes. En effet, le SATP est une technologie largement éprouvée lors d'opérations de recherche et de sauvetage, dans les zones interdites d'accès (ex : fuite de gaz), comme outil de documentation pour les investigations et les recours juridiques, la gestion des événements de grande envergure, ou encore pour les opérations de reconnaissance.

c- Service de Police

Le service de Police (SPL) est de loin celui qui est le plus avancé dans une démarche d'intégration des SATP dans ses activités. De ce fait, ses besoins sont clairement et largement identifiés. Ceci a été confirmé durant la rencontre que nous avons eu avec le conseiller à l'État-major, M. Jean Joly. À cette occasion, M. Joly a exposé l'étendue des travaux entrepris depuis novembre 2018 et il nous a fourni la documentation afférente, laquelle a été utilisée dans cette section pour l'énumération des besoins du service. Notons que le service de Police est assistée dans ses démarches par la firme privée Drone Volt.

En résumé, le SPL a établi un plan d'action en trois phases :

- 1- D'abord, l'étude du projet avec la formation du personnel et l'acquisition du matériel,
- 2- Ensuite, assurer l'assistance aux déploiements d'usage au service de police. La responsabilité de la gestion et de l'utilisation de cet outil sera attribuée à la section de l'identité judiciaire,
- 3- Enfin, la mise en place d'une offre d'expertise aux autres services de la Ville pour certains besoins spécifiques notamment en relation avec la sécurité civile.

Actuellement, le SPL est à la fin de la première phase et prévoit clôturer la formation, en plus de l'obtention des licences pour les agents concernés, à la fin du mois de décembre 2019. À cet effet, des balises ont été établies pour encadrer le processus, et huit agents de la section de l'identité judiciaire ont été mobilisés. Dans l'ensemble, pour le recrutement et la mobilisation des ressources humaines, le service s'est inspiré de la démarche de la Sureté du Québec (SQ) à la différence que le SPL ne pouvait pas compter sur un personnel aéronautique à convertir dans le pilotage de SATP. De ce fait, le SPL a été confronté à des enjeux spécifiques aux organisations municipales en ce qui a trait à l'impact de l'intégration de nouvelles tâches du point de vue des ressources humaines et de l'organisation du travail.

Ainsi, dans le cadre de ses activités, le SPL prévoit entre 20 et 30 déploiements par an (2 à 3 mensuellement en moyenne). M. Joly nous a fourni une liste relativement exhaustive des possibilités d'interventions parmi lesquelles :

- la couverture de scènes de crime : il s'agit de captations photos ou vidéos d'un site extérieur. La zone d'action peut aussi bien se limiter à une cour arrière d'une résidence privée qu'à une scène dite dynamique de plusieurs centaines de mètres (ex : victime qui se sauve d'un agresseur à partir du début du stationnement d'un centre commercial pour être finalement assassinée à l'autre bout du stationnement, 500 mètres plus loin).
- la couverture d'une scène d'accident routier (grave ou inhabituel) : il s'agit de captation photo ou vidéo d'un site extérieur (voie publique). Les besoins peuvent être pour une reproduction en 3D de la scène d'accident. À cette occasion, le SPL vise la possibilité de bénéficier de la technologie pour des mesures spécifiques lors de telles situations.
- recherche et sauvetage : recherche d'individus en fuite ou égarés (ex : personne âgée ou enfant) dans une zone définie telle un boisé ou un champ agricole. L'imagerie par thermographie pourrait potentiellement être utilisée.
- désastre naturel (sécurité civile) : captation photo ou vidéo qui pourrait être reliée directement à un poste de commandement mobile ou à un centre de vigie opérationnelle, facilitant la prise de décision (ex : inondations, frasil, glissement de terrain...).
- service d'ordre : captation d'images relayées en *streaming* à un poste de commandement mobile ou à un centre de vigie opérationnelle (ex : manifestations, défilés, fêtes foraines, St-Jean, 1er juillet...).
- événements corporatifs : captation photo ou vidéo pour reproduction dans un format destiné à la promotion de l'organisation ou d'une façon plus globale à la promotion de la Ville de Laval.

Par ailleurs, les propos échangés avec M Joly, ainsi que la lecture des documents fournis nous permettent de répertorier certaines exigences ou spécificités se rapportant à l'utilisation de cette technologie dans le contexte opérationnel policier :

- les SATP auront deux finalités et ils ne feront pas partie de la même procédure d'acquisition. Un SATP dit « principal » et un autre « de pratique ». Ce dernier étant de moindre valeur, son impact budgétaire moins important en cas d'accident/incidents,
- durant l'acquisition de données, le SPL souhaite pouvoir bénéficier de la possibilité de transmission directe d'images vers un poste de commandement,
- à l'instar d'autres équipements, comme les voitures, il est souhaité d'utiliser un modèle identique au sein des forces policière,
- le modèle à cibler ne doit pas être offert par un distributeur exclusif,
- dans un objectif de standardisation des interventions, tous les appareils du SPL devront posséder les mêmes manettes de contrôle et les mêmes interfaces visuelles,
- concernant le positionnement GNSS, les outils devront permettre d'exploiter la technologie RTK (*real time kinematic* ou cinématique temps-réel).

VIII- Scénarios prévisionnels

Cette section de l'étude propose d'aborder des éléments de coûts prévisionnels au travers de quatre (4) scénarios budgétaires, représentant autant de visions prospectives des besoins corporatifs dans le domaine ainsi que des capacités internes à combler ces besoins.

Cet exercice nous amène évidemment sur le « terrain glissant » de tout exercice d'anticipation de besoins, incluant une composante inhérente d'incertitude. De même, nous fondons notre démarche sur certaines hypothèses, certains paramètres, fruits de notre recherche et de notre connaissance au moment de la rédaction de l'étude. Bien entendu, ces hypothèses et paramètres sont, par définition, perfectibles, modifiables selon de nouvelles informations, ou encore une étude plus poussée sur certains aspects particuliers de l'étude.

1- Hypothèses et paramétrage des scénarios

a- Projection du nombre de missions par an – horizon 3 ans

Notre prémisse de départ a consisté à fonder notre projection des besoins corporatifs futurs sur l'analyse du sondage des services décrit précédemment. Plus précisément, il s'agissait de compiler l'ensemble des types de missions et des fréquences envisagées par services afin d'en dériver un nombre total à l'échelle corporative (tableau 10).

Tableau 10 : Estimation du nombre total de missions anticipée par an

Service	Type mission	Milieu (%)		Fréquence	Besoin annuel en missions		
		de base	avancées		op/an	base	avancées
Évaluation	inspection	20	80	trimestrielle	4	1	3
	cartographie						
	modélisation						
Ingénierie	cartographie	50	50	trimestrielle	4	2	2
	modélisation						
	calcul volumétrique						
Urbanisme	inspection	50	50	mensuelle	12	6	6
	suivi						
	cartographie						
Environnement	suivi	60	40	trimestrielle	4	3	1
	cartographie						
Finances	calcul volumétrique	40	60	très occasionnel	2	1	1
Travaux public	calcul volumétrique	20	80	trimestrielle	4	1	3
	suivi						
Gestion de l'eau	inspection	60	40	très occasionnel	2	1	1
	suivi						
Grands projet	inspection	40	60	très occasionnel	2	1	1
	modélisation						
CLSDS	suivi	40	60	très occasionnel	2	1	1
	inspection						
Communication et marketing	cartographie	20	80	très occasionnel	2	1	1
	suivi						
Gestion des immeubles	inspection	20	80	mensuelle	12	3	9
	modélisation						
Développement économique	suivi milieu agricole	80	20	très occasionnel	2	1	1
total des missions					52	22	30

Pour ce qui est des types de missions, nous n'avons pas repris l'ensemble des réponses, mais seulement les plus citées au même titre que pour les fréquences. Ces dernières ont été converties en nombre de missions par année (ex. fréquence trimestrielle équivaut à 4 missions par an). Pour les milieux anticipés, nous avons tenté de les distribuer logiquement, en fonction d'une répartition réglementaire associée au type de mission. Cet exercice a abouti à une projection de **52 missions par an**.

Dans les scénarios décrits plus bas, ce chiffre (52 missions par an) a été utilisé comme étant le chiffre-cible atteint dans un horizon 3 ans. Cela implique que, peu importe le scénario, il nous semble raisonnable d'envisager le développement des activités de dronautique à la Ville de façon progressive (et réaliste) dans le temps. De plus, le choix d'une projection étalée sur 3 ans nous semble adapté aux besoins de planification budgétaire des services concernés. En outre, du fait de l'évolution rapide de cette technologie et des évolutions tarifaires associées (SATP, équipement afférent, services professionnels), il est difficile de se positionner en termes chiffrés au-delà de cette période.

b- Estimation des coûts d'opération

Dans la démarche proposée, notre expérience nous amène à estimer qu'**une opération est égale à une (1) journée de travail en moyenne**, sachant que l'opération inclut le temps de préparation, d'opération en elle-même, d'éventuels post-traitements et de production de dérivés ou livrables associés. De même, considérant les politiques de facturation en vigueur sur le marché, des opérations de faible envergure (ex : 2 heures d'opération) seront facturées forfaitairement l'équivalent d'une journée. Le **coût unitaire d'opérations menées à l'externe est quant à lui évalué à 1 250 \$**. Ce chiffre est fondé sur une estimation moyenne d'offres de services récentes faites à la Ville.

Fondé sur la projection mentionnée plus avant de 52 missions par an, nous estimons qu'une équipe de **deux (2) techniciens**, employés de la Ville, formés et dédiés à cette tâche, serait suffisante pour répondre à la charge de travail associée (équivalent de 52 jours/personne). En théorie, une seule personne pourrait prendre en charge la responsabilité des opérations. Néanmoins, nous jugeons comme primordial de considérer une relève en cas d'absence ou de non disponibilité.

Aussi, considérons-nous qu'il est bien plus rentable et sécuritaire de former une équipe réduite de « spécialistes » plutôt que de mettre en œuvre une politique de formation « de masse » dans laquelle chaque service pourrait de manière plus ou moins coordonnée, assurer la formation d'une ressource. Dans le même ordre d'idée, la manipulation d'équipements spécialisés (SATP, charge utile, logiciels de gestion de vol, de post-traitement, etc.) est un apprentissage en soi, associé à une expertise qui par définition, se doit d'être appliquée à un nombre réduit d'employés.

Au final, les coûts d'opération incluent les composantes suivantes :

- frais de salaires internes : estimés pour l'exercice à 350 \$/jour),
- tarifs externes : estimés plus haut à 1 250 \$/jour),

- coût de formation et de mise à jour des connaissances : estimée, selon l'offre commerciale en vigueur, à 4 500 \$ pour les coûts de certification pour opérations avancées et 500 \$/an de mise à jour des connaissances,
- SATP 1 : estimé à 4 000 \$, type Phantom 4 de DJI,
- SATP 2 : estimé à 19 000 \$, type Matrice 210 RTK,
- équipement afférant, excluant Lidar : estimé à 50 000 \$ incluant logiciels, batteries, capteurs dont certains spécialisés, batteries, radios, etc. (se référer au tableau des équipements requis pour une opération pour plus de détails),
- capteur Lidar : estimé à 75 000 \$,
- coût d'amortissement annuel total : calculé selon la formule suivante : (coût d'équipement total ÷ nombre total de missions sur 3 ans) × nombre de missions de l'année considérée. Le coût d'amortissement est fondé sur le principe d'un renouvellement matériel aux 3 ans, ce qui implique de considérer 100 % des coûts d'achat d'équipement. **Ce faisant, on exclut du coût total annuel le coût total annuel d'achat du matériel.**

2- Présentation des scénarios

Chaque scénario reflète une orientation possible en ce qui a trait à un niveau d'intégration de la dronautique à la Ville dans un horizon trois (3) ans. À noter que, du fait de leur caractère particulier traité précédemment, ces scénarios excluent les activités inhérentes aux services de Police et d'Incendie.

Les orientations traitées se résument ainsi :

- scénario 1 (0 % Interne / 100 % externe) : La Ville opte pour le statu quo, de sorte que la totalité des opérations soient imparties, c.-à-d. exécutées par des ressources externes,
- scénario 2 (50 % Interne / 50 % externe) : La Ville assume progressivement une portion des opérations, de manière à assurer 50 % des besoins corporatifs la troisième année,
- scénario 3 (100 % Interne / 0 % externe) : La Ville assume progressivement une portion des opérations, de manière à assurer 100 % des besoins corporatifs la troisième année,
- scénario 4 (75 % Interne / 25 % externe) : La Ville assume progressivement une portion des opérations, de manière à assurer 75 % des besoins corporatifs la troisième année tout en laissant à l'externe les opérations impliquant l'achat d'un capteur Lidar.

Chaque scénario présente, pour chacune des composantes budgétaires décrites plus haut, les coûts totaux annuels ainsi que le total cumulé sur 3 années.

a- Scénario 1 : 0 % en interne, 100 % en externe

Pour notre premier cas de figure, nous posons l'éventualité que la Ville choisisse l'option du statu quo. Elle continuerait donc à mener ses travaux de la même façon qu'à l'heure actuelle, en ayant systématiquement recours à l'impartition.

Tableau 11 : Opérations totalement assurées par firmes externes

Descriptif des composantes retenues	Unité	Année 1	Année 2	Année 3	Total cumulé
Scénario 1 (statu quo 0%-100%)	INT-EXT (%)	0-100	0-100	0-100	
Nombre d'opérations réalisées à l'interne	NB	0	0	0	0
Nombre d'opérations réalisées à l'externe	NB	26	39	52	117
Frais de salaires interne	\$	0 \$	0 \$	0 \$	0
Tarif externe	\$	32 500 \$	48 750 \$	65 000 \$	146250
Coût d'opération total	\$	32 500 \$	48 750 \$	65 000 \$	146250
Formation et mise à jour (formation continue)	\$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
SATP 1	\$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
SATP 2	\$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
Équipement afférant (excluant Lidar)	\$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
Coût matériel total	\$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
Coût d'amortissement annuel total	\$	0	0 \$	0 \$	0 \$
Coût total annuel		32 500 \$	48 750 \$	65 000 \$	146 250 \$

Ce scénario aboutit à un coût total cumulé de 146 250 \$ équivalent à la réalisation de 117 opérations en impartition sur 3 années. De même, aucun investissement en formation ou en équipement n'est réalisé, ce qui évite tout risque financier ou sécuritaire associé à l'internalisation de la technologie. Ce faisant, la Ville renonce à développer une autonomie quant à l'opération de SATP et demeure tributaire de l'offre commerciale.

Plus globalement, ce scénario implique que la Ville se positionne favorablement vis-à-vis du recours à cette technologie, soit dans le cadre de la modernisation de certains processus ou encore à l'occasion de l'instauration de nouveaux processus (ex. contrôle des tonnages extraits des carrières). En effet, l'analyse des besoins des services effectués précédemment met en évidence le paradoxe actuel entre un fort engouement pour l'utilisation de cet outil et le peu d'actions pour aller de l'avant avec l'intégration de la technologie dans les boîtes à outils des différents services. Au-delà d'une explication reliée à la méconnaissance des considérations légales, technologiques, humaines, financières inhérentes (ce que la présente étude vise à combler), une autre part de la situation actuelle résulte, à notre avis, de l'absence de lignes directrices corporatives qui puissent par ailleurs baliser le recours à cette technologie, voire son intégration ultérieure au sein de certains services.

En outre, dans le cas d'un positionnement favorable, il s'agira néanmoins que la Ville se dote durablement d'une expertise afin de pouvoir accompagner adéquatement les services souhaitant avoir recours à cette technologie via des ressources externes. Cet accompagnement permettra de confirmer la pertinence de ce choix technologique ainsi, qu'éventuellement d'aider au post-traitement des données et à la production de livrables géomatiques.

b- Scénario 2 : 50 % en interne, 50 % en externe

Pour le second cas de figure, nous posons l'éventualité que la Ville ait comme objectif le partage progressif des opérations à égalité avec les firmes externes pour arriver à prendre en charge 50 % des opérations à l'issue de la 3^{ème} année.

Le tableau suivant présente donc un scénario budgétaire associé à une prise en main très graduelle des opérations par la Ville : 0 % la première année, 25 % la deuxième année, puis 50 % la troisième année.

Tableau 12 : Partage des interventions au bout de la troisième année

Descriptif des composantes retenues	Unité	Année 1	Année 2	Année 3	Total cumulé
Scénario 2 (50%-50%)	INT-EXT (%)	0-100	25-75	50-50	
Nombre d'opérations réalisées à l'interne	NB	0	10	26	36
Nombre d'opérations réalisées à l'externe	NB	26	29	26	81
Frais de salaires interne	\$	0 \$	3 500 \$	9 100 \$	12600
Tarif externe	\$	32 500 \$	36 250 \$	32 500 \$	101250
Coût d'opération total	\$	32 500 \$	39 750 \$	41 600 \$	113850
Formation et mise à jour (formation continue)	\$	4 500 \$	500 \$	500 \$	5 500 \$
SATP 1	\$	4 000 \$	0 \$	0 \$	4 000 \$
SATP 2	\$	0 \$	19 000 \$	0 \$	19 000 \$
Équipement afférant (excluant Lidar)	\$	30 000 \$	10 000 \$	10 000 \$	50 000 \$
Coût matériel total	\$	34 000 \$	29 000 \$	10 000 \$	73 000 \$
Coût d'amortissement annuel total	\$	0 \$	20 278 \$	52 722 \$	73 000 \$
Coût total annuel		37 000 \$	60 528 \$	94 822 \$	192 350 \$

Ce scénario aboutit à un coût total cumulé de 192 350 \$ équivalent à la réalisation de 117 opérations sur 3 années dont 36 réalisées à l'interne contre 81 réalisées à l'externe. De même, les coûts de formation sur 3 ans pour 2 employés dédiés (cf. partie 1.b) sont évalués à 5 500 \$. L'achat d'équipement s'échelonne sur les 3 années ; l'achat du 1^{er} SATP (modèle de base) ainsi qu'une grande partie de l'équipement afférant la première année pour assurer la formation et les entraînements requis, le second SATP (modèle plus performant) la seconde année. Ainsi, progressivement, à partir de la deuxième année, les employés dédiés peuvent commencer à assurer certaines missions.

Ce scénario, par la répartition interne-externe envisagée, ne semble pas le plus avantageux pour la Ville dans la mesure où il implique à la fois la persistance d'une grande dépendance vis-à-vis de l'offre commerciale, tout en nécessitant d'assumer la quasi-totalité des investissements (formation, SATP, équipements) requis pour la prise en charge d'opérations à l'interne. **Les scénarios suivants permettront d'ailleurs de confirmer que la rentabilité de ces investissements sont proportionnels au nombre d'opérations prises en charge à l'interne.**

c- Scénario 3 : 100 % en interne, 0 % en externe

Le troisième cas de figure pose l'éventualité que la Ville choisisse l'option d'atteindre la capacité de prendre en charge 100 % des opérations à l'issue du cycle triennale. La Ville s'affranchirait donc complètement du besoin de recours à des fournisseurs externes.

Tableau 13 : Opérations totalement assurées par les ressources de la Ville

Descriptif des composantes retenues	Unité	Année 1	Année 2	Année 3	Total cumulé
Scénario 3 (100%-0%)	INT-EXT (%)	0-100	50-50	100-0	
Nombre d'opérations réalisées à l'interne	NB	0	20	52	72
Nombre d'opérations réalisées à l'externe	NB	26	19	0	45
Frais de salaires interne	\$	0 \$	7 000 \$	18 200 \$	25200
Tarif externe	\$	32 500 \$	23 750 \$	0 \$	56250
Coût d'opération total	\$	32 500 \$	30 750 \$	18 200 \$	81450
Formation et mise à jour (formation continue)	\$	4 500 \$	500 \$	500 \$	5 500 \$
SATP 1	\$	4 000 \$	0 \$	0 \$	4 000 \$
SATP 2	\$	0 \$	19 000 \$	0 \$	19 000 \$
Équipement afférant (incluant Lidar A3 : 75K)	\$	30 000 \$	10 000 \$	85 000 \$	125 000 \$
Coût matériel total	\$	34 000 \$	29 000 \$	85 000 \$	148 000 \$
Coût d'amortissement annuel total	\$	0 \$	41 111 \$	106 889 \$	148 000 \$
Coût total annuel		37 000 \$	72 361 \$	125 589 \$	234 950 \$

Ce scénario aboutit à un coût total cumulé de 234 950 \$ équivalent à la réalisation de 117 opérations sur 3 années dont 72 réalisées à l'interne contre 45 réalisées à l'externe. Comme pour le scénario précédent, les coûts de formation sur 3 ans pour 2 employés dédiés sont évalués à 5 500 \$ et l'achat d'équipement s'échelonne sur les 3 années. Ce scénario inclus par ailleurs l'acquisition d'un capteur Lidar pour un montant de 75 000 \$, différé à la 3^{ème} année du cycle, de par la sensibilité de l'instrument et le niveau requis pour l'opérer.

Outre le fait que la Ville de Laval serait très probablement la seule municipalité d'envergure au Québec à être complètement autonome dans ce domaine à l'issue du cycle triennal, c'est aussi le scénario le plus rentable du point de vue de l'amortissement matériel. Par contre, il implique l'achat d'un capteur très spécialisé (Lidar) lors de la 3^{ème} année, relativement onéreux mais dont on prévoit l'amortissement complet au cours du cycle décrit ici.

Cependant, ce scénario intègre une portion de risque dans la mesure où la Ville ne possède actuellement que très peu de retour d'expérience dans le domaine de la dronastique. Aussi, est-il probable que, le cas échéant, nous soyons confrontés à des difficultés et enjeux non anticipés jusqu'alors. En outre, rien ne permet de garantir hors de tout doute que certaines opérations ne dépasseront finalement pas les limites de l'expertise et/ou des moyens technologiques disponibles à la Ville. En ce sens, nous avons opté pour l'élaboration d'un 4^{ème} scénario répondant à cette forme d'incertitude.

d- Scénario 4 : 75 % en interne, 25 % en externe

Le quatrième cas de figure est en quelques sortes dérivé du précédent et pose l'éventualité que la Ville choisisse l'option d'atteindre la capacité de prendre en charge 75 % des opérations à l'issue du cycle triennal contre 25 % qui demeurerait à l'externe.

Tableau 14 : Opérations assurées par les ressources de la Ville, excluant Lidar

Descriptif des composantes retenues	Unité	Année 1	Année 2	Année 3	Total cumulé
Scénario 4 (75%-25%)	INT-EXT (%)	0-100	50-50	75-25	
Nombre d'opérations réalisées à l'interne	NB	0	20	39	59
Nombre d'opérations réalisées à l'externe	NB	26	19	13	58
Frais de salaires interne	\$	0 \$	7 000 \$	13 650 \$	20 650 \$
Tarif externe	\$	32 500 \$	23 750 \$	16 250 \$	72 500 \$
Coût d'opération total	\$	32 500 \$	30 750 \$	29 900 \$	93 150 \$
Formation et mise à jour (formation continue)	\$	4 500 \$	500 \$	500 \$	5 500 \$
SATP 1	\$	4 000 \$	0 \$	0 \$	4 000 \$
SATP 2	\$	0 \$	19 000 \$	0 \$	19 000 \$
Équipement afférant (excluant Lidar)	\$	30 000 \$	10 000 \$	10 000 \$	50 000 \$
Coût matériel total	\$	34 000 \$	29 000 \$	10 000 \$	73 000 \$
Coût d'amortissement annuel total	\$	0 \$	24 746 \$	48 254 \$	73 000 \$
Coût total annuel		37 000 \$	55 996 \$	78 654 \$	171 650 \$

Ce scénario aboutit à un coût total cumulé de 171 650 \$ équivalent à la réalisation de 117 opérations sur 3 années dont 59 réalisées à l'interne contre 58 réalisées à l'externe. Comme pour les scénarios précédents, les coûts de formation et d'achat d'équipement s'échelonnent sur les 3 années. Ce scénario exclut néanmoins l'acquisition du capteur Lidar. Ce choix s'explique par le fait que les opérations nécessitant ce type d'instrument continueraient d'être imparties.

Comme indiqué précédemment, ce scénario intègre le fait que certaines opérations, soit trop complexes à assumer, soit impliquant l'achat d'équipements trop coûteux ou difficilement rentables à termes, seront imparties. D'une part donc, ce scénario minimise les risques opérationnels tout en favorisant une rentabilité de l'investissement humain et matériel.

3- Récapitulatif et comparaisons

Le présent tableau propose un récapitulatif des coûts totaux par scénario.

Tableau 15 : Récapitulatif des coûts totaux des scénarios

	INT-EXT	Année 1	Année 2	Année 3	Total cumulé
Scénario 1	0 %- 100 %	32 500 \$	48 750 \$	65 000 \$	146 250 \$
Scénario 2	50 % - 50 %	37 000 \$	60 528 \$	94 822 \$	192 350 \$
Scénario 3	100 % - 0 %	37 000 \$	72 361 \$	125 589 \$	234 950 \$
Scénario 4	75 % - 25 %	37 000 \$	55 996 \$	78 654 \$	171 650 \$

De même, plusieurs constats peuvent être émis :

- premièrement, et toutes proportions gardées, les montants en jeu sont relativement modérés à l'échelle d'un budget d'opération d'un ou à fortiori de plusieurs services de la Ville;
- les écarts budgétaires entre les scénarios sont proportionnellement assez faibles (écart-type = 20 265 \$), ce qui implique qu'ils sont peu discriminants quant au choix d'une orientation budgétaire;
- on note en toute logique que plus le nombre de missions réalisées à l'interne est important, plus l'investissement (humain et matériel) est rentable à terme. On peut exprimer ce constat en comparant le ratio de coût d'amortissement matériel d'une mission sur le coût total d'achat du matériel :
 - scénario 1 (0 % - 0 mission sur 3 ans) : sans objet puisque aucun investissement,
 - scénario 2 (50 % - 36 missions sur 3 ans) : 1 mission équivaut à 2.8 % du coût total d'achat,
 - scénario 3 (100 % - 72 missions sur 3 ans) : 1 mission équivaut à 1.4 % du coût total d'achat,
 - scénario 4 (75 % - 59 missions sur 3 ans) : 1 mission équivaut à 1.7 % du coût total d'achat.
- nonobstant le principe d'amortissement matériel, qui distribue le coût total d'achat d'équipement sur l'ensemble des missions, l'achat d'équipement, en particulier la première année, est un élément budgétaire à considérer comme le montre le tableau ci-dessous :

Tableau 16 : Coût d'achat annuel d'équipement par scénario

	Année 1	Année 2	Année 3
Scénario 1	0 \$	0 \$	0 \$
Scénario 2	34 000 \$	29 000 \$	10 000 \$
Scénario 3	34 000 \$	29 000 \$	85 000 \$
Scénario 4	34 000 \$	29 000 \$	10 000 \$

IX- Analyse avantages-inconvénients de l'internalisation de la technologie dronautique

À la lumière de l'analyse des scénarios prévisionnels, nous pouvons faire le constat que la composante budgétaire s'avère, toutes proportions gardées, peu discriminante du point de vue de l'écart entre les scénarios (σ de 37 514 \$) ainsi que des montants en jeu (scénario maximal de dépenses sur 3 ans = 234 950 \$).

Cependant, au-delà de l'angle budgétaire, quantifiable, fondé sur l'internalisation ou pas de la technologie dronautique, d'autres composantes, de l'ordre des externalités (positives ou négatives) sont à considérer dans le processus d'analyse avantages-inconvénients de celle-ci. Pour plusieurs, ces considérations ont été abordées plus avant dans le rapport sous l'angle de la réglementation, de la sécurité ou des contraintes opérationnelles. Nous proposons ici d'en faire une énumération par l'intermédiaire de deux tableaux comparatifs : le premier comparant le recours à la technologie par rapport à d'autres technologies, le second comparant l'internalisation des opérations par rapport à l'impartition. Ces tableaux peuvent être interprétés comme l'identification des principaux impacts positifs ou négatifs, s'exprimant en termes d'enjeux technologiques, d'efficacité ou encore de sécurité ou de confidentialité et de protection de la vie privée. À noter qu'ici encore, l'analyse ne tient pas compte des opérations qui seraient assumées par le service de Police.

Tableau 17 : Comparatif SATP avec autres technologies

Recours à la technologie des SATP	Autres technologies (hors SATP)
Nécessité d'implantation d'une architecture technologique adaptée au type, au nombre et au volume de données (au sens traitement, posttraitement, stockage, gestion de l'historicité, diffusion)	Dans le cas de l'avion, obligation d'impartition (la Ville ne possède pas d'avion)
Permet d'atteindre des sites autrement difficiles d'accès par le terrain (ex. empiètements arrières, berges, cours d'eau agricoles, infrastructures industrielles, zones sinistrées, etc.)	Dans le cadre d'une opération « terrain », difficulté (ou impossibilité) d'accès à certains types de sites.
Délais d'acquisition rapides (au sens captage)	Dans le cadre d'une opération « terrain », à pieds, les délais d'acquisition peuvent être beaucoup plus long (ex. relevés d'arpentage, caractérisation de berges de cours d'eau, etc.).

Rapidité d'intervention sur site en comparaison à d'autres méthodes d'acquisition fondées sur le recours à un aéronef hors SATP	Délai d'intervention sur site rallongé dans le cadre du recours à d'autres types d'aéronefs.
Faibles contraintes opérationnelles par rapport à l'avion (considérations logistiques, préparations au vol, coûts aéroportuaires, carburants, conditions météo en particulier plafond bas)	Dans le cas de l'avion ou de l'hélicoptère, contraintes opérationnelles plus lourdes et complexes. Pour tout type d'aéronef incluant satellites, contraintes météos plus importantes (nébulosité, altitude du plafond nuageux). Pour le terrain, peut nécessiter une phase préparatoire (qui peut d'avérer longue) de demandes d'autorisation d'accès à des terrains privés.
Meilleure résolution et flexibilité dans le type de prises de vues (verticales, obliques, à différentes altitudes)	Résolution plus faible notamment dans le cadre des images satellitaires. Beaucoup moins de flexibilité dans le type de prises de vue
Couverture géographique restreintes (en lien avec l'autonomie des batteries et le principe de vol à vue - VLOS)	Couverture géographique beaucoup plus large (ex. 1 survol = contour complet de l'île Jésus contre quelques journées avec un (1) SATP). Dans le cadre du recours à un avion, peu adapté à la couverture de petits secteurs géographiques.
Coûts d'opérations plus faibles que des technologies comparables (c.-à-d. aéroportées : avion, hélicoptère)	Coûts d'opération plus élevés dans le cadre du recours à d'autres types d'aéronefs.
Risque sécuritaire réduit (au sens pour la sécurité des individus) par rapport au « terrain » dans des contextes d'intervention délicats, périlleux, difficiles d'accès.	Risque sécuritaire accru (au sens pour la sécurité des individus) dans le cadre d'une opération « terrain » associée à des contextes d'intervention délicats, périlleux, difficiles d'accès.

Tableau 18 : Comparatif internalisation des opérations avec impartition

Internalisation des opérations	Impartition des opérations
---------------------------------------	-----------------------------------

Permet le développement d'une expertise interne permettant par la même un meilleur encadrement (au sens contrôle) des éventuelles opérations imparties	Génère une dépendance durable vis-à-vis des fournisseurs dans ce domaine
--	--

Ne nécessite pas de gestion contractuelle	Nécessite une gestion contractuelle récurrente (plusieurs fournisseurs, plusieurs opérations)
Mise à disposition et mobilisation des ressources dédiées facilitée	Mise à disposition et mobilisation des ressources externes incertaine et dépendant de l'offre et de la demande (au sens niveau d'achalandage), particulièrement en fonction d'évènements particuliers affectant de larges territoires géographiques (ex. inondations printanières)
Contrôle des coûts	Coût tributaire de l'évolution du marché
Niveau d'intégration plus élevé avec les équipes de projet concernées	Niveau d'intégration plus faible qu'à l'interne avec les équipes de projet. Rend plus difficile la communication et les rétroactions entre la Ville et un fournisseur externe.
Raccourcissement du délai de la chaîne de traitement des données et de la production des livrables associés, incluant la diffusion des données via une plateforme cartographique corporative	Allongement potentiel du délai de la chaîne de traitement des données et de la production des livrables associés, incluant la diffusion des données via une plateforme cartographique corporative
Risques opérationnels assumés par la Ville	Risques opérationnels assumés par le fournisseur externe
Meilleur contrôle du contenu des opérations et des produits livrables (au sens de la confidentialité et de la protection de la vie privée)	Contrôle du contenu des opérations et des produits livrables (au sens de la confidentialité et de la protection de la vie privée) assuré via entente contractuelle

En résumé, ces tableaux permettent de mettre en évidence plusieurs enjeux autres que budgétaires dont voici les principaux :

- le recours à la technologie dronastique, peu importe qu'elle soit assumée à l'interne ou par impartition implique le développement d'une expertise « Ville » dans ce domaine,
- plusieurs processus corporatifs bénéficieraient du recours à la technologie sur le plan de l'efficacité, de la qualité des données, et de la sécurité (des personnes),
- les SATP ne sont pas adaptés à tout type d'intervention, ni pour couvrir de grands territoires géographiques,
- le recours à cette technologie et son internalisation permettraient, à terme, de s'affranchir de l'offre commerciale sur le plan de la disponibilité et des coûts d'opération,

- il ne faut pas négliger les nécessités d'ajustements des moyens informatiques en support à l'intégration de la technologie.
- en cas d'internalisation des opérations, il faudrait considérer la possibilité de souscrire à une assurance responsabilité civile spécifique aux opérations de SATP.

X- Banc d'essai

Dans la perspective d'établir une démarche conséquente et fondée sur des éléments tangibles, nous nous sommes assurés de mener à bien des bancs d'essai avec plusieurs services afin de mieux cerner les tenants et aboutissants de la manipulation de cette technologie dans un contexte opérationnel municipal. Ainsi, nous avons conduit trois (3) missions *in situ* incluant toute la chaîne de production, de la conception à la livraison du produit fini commandé par le service intéressé.

1- Service Incendie Laval

Le 25 août 2019, à l'invitation de Claude Lussier, Chef de division opérations, nous avons accompagné une équipe de la caserne #1 durant 24 h sur les différents sites où elle avait à intervenir. Notre objectif par cette alliance était de nous familiariser avec la réalité des types de missions que le SIL est susceptible d'avoir à mener dans le cadre de ses activités. Nous avons aussi eu l'occasion de faire un retour sur quelques cas du passé où le SATP aurait pu être d'une grande aide.

a- Accompagnement sur le terrain

Dans l'ensemble, la période d'observation fut tranquille. La caserne a eu quatre (4) appels. Pour les deux premiers, l'équipe a été invitée à retourner à la base qu'on venait de quitter. Ceci a eu tout de même l'avantage de nous donner le temps d'observer l'intérieur de la cabine. L'ergonomie, la flexibilité et la facilité de déploiement sont les maîtres mots pour la panoplie d'outils à bord. On constate cela pour l'usage des bouteilles de respiration, pour la caméra thermique et même dans la conception des habits d'intervention. Dans ce sens, le SATP qui serait appelé à se retrouver à bord, doit lui aussi respecter ces règles de déploiement.

La troisième intervention nous a amenés à utiliser un bateau, de type hors-bord. Ce type d'intervention représente un contexte spécifique caractérisé par l'instabilité et la faible précision de la position géographique. En effet, à cause de la flottaison, l'embarcation n'est jamais parfaitement horizontale et risque facilement de changer de coordonnées géographiques. Or le SATP, spécialement lors de son décollage, nécessite une assiette horizontale stable et une position bien déterminée pour fixer ses paramètres internes de référence. Nous ne constatons néanmoins pas l'impossibilité de l'usage de cet outil dans ce contexte. Beaucoup de solutions peuvent être envisagées. Une plateforme flottante capable de corriger sa position et son assiette peut être utilisée pour compenser ces limitations. On peut aussi choisir tout simplement de se rabattre sur le rivage le plus proche et opérer à partir de la terre ferme.

La quatrième intervention était nocturne et concernait une altercation entre voisins qui a dérapé plus qu'une réelle urgence. Dans les faits, on était face au gros portail d'un site d'entreposage de bois (cours à bois) avec une forte odeur de fumée. Après une prise de contact rapide avec les propriétaires de la place, nous étions capables de comprendre la situation et de prendre les mesures qui s'imposaient. Dans l'éventualité de l'absence

d'individus pour permettre l'accès et constater la réalité de la situation, on imagine facilement l'utilité d'avoir eu recours au SATP muni de son capteur thermique pour lancer une inspection rapide des lieux et avoir une idée claire de la situation.

b- Retour sur deux interventions antérieures

Dans le cadre du second volet de cette mission, nous avons visité deux lieux d'évènements passés ayant malheureusement abouti à des décès. Pour le premier, nous étions sur le rivage alors que l'intervention était faite par embarcation marine. L'équipe qui était en mission à l'époque, en recherche et sauvetage nocturne, avait été empêchée d'agrandir son rayon d'action à cause de la présence de hauts fonds. Aujourd'hui, nous savons que les membres de l'équipe étaient à quelques dizaines de mètres de la femme recherchée, et qui fut finalement retrouvée sans vie.

Après deux minutes de déploiement non précipité, nous étions en mesure de produire le vol montré par la figure suivante qui illustre trois captures d'écran du plan de vol via le logiciel qui a piloté le SATP :

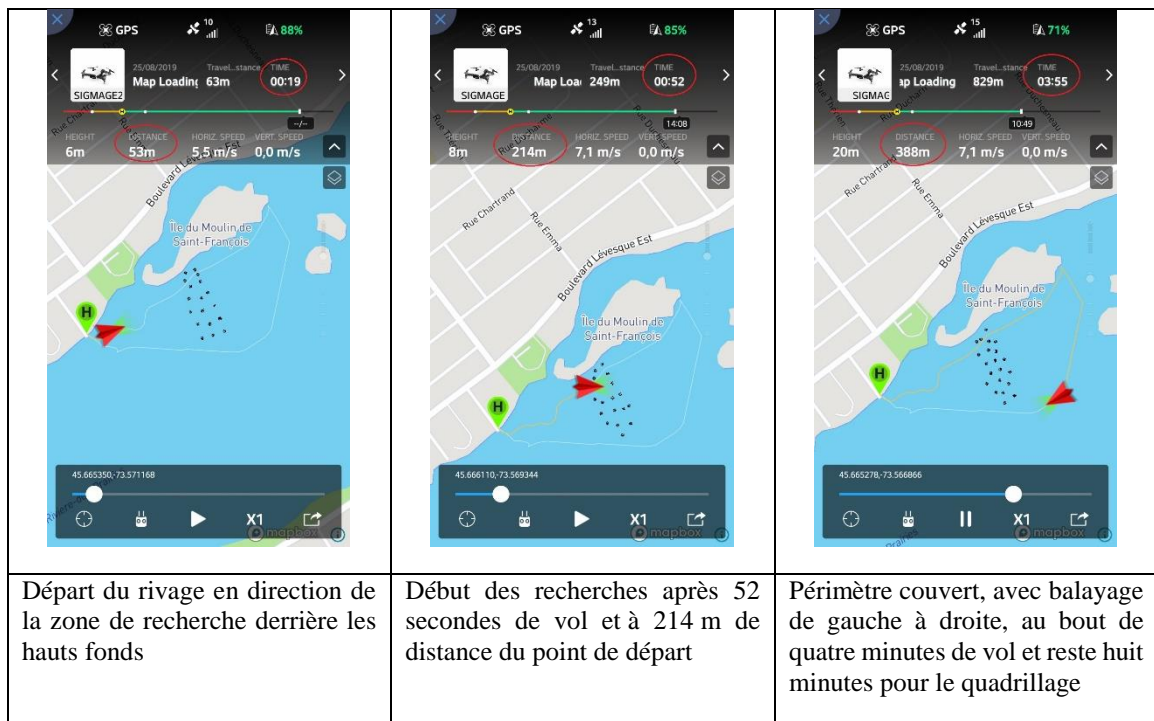


Figure 12 : Étapes de la recherche simulée

La carte nous montre qu'au bout de quelques secondes l'ATP était sur la zone de recherche que l'équipe n'a pas été capable de rejoindre. Un balayage de quatre minutes était suffisant pour boucler la zone. Il restait huit minutes d'autonomie pour compléter les recherches par un quadrillage et nous n'avons utilisé qu'une seule batterie; il en restait trois. Bien que le contexte nocturne ait pu empêcher d'identifier la femme, la discrimination thermique d'un capteur adéquat aurait facilement dessiné une forme humaine reconnaissable.

Ce type de récit n'est cependant pas insolite. Il nous a été donné de le constater lors de la deuxième visite de terrain. Il s'agissait d'une mission de recherche interrompue par un

obstacle physique pour les agents. En effet, lors de leur intervention, ces derniers avaient pour mission la recherche de deux touristes américains égarés à leur sortie d'une discothèque, événement largement médiatisé à l'époque. Ne connaissant pas les environs, les deux individus se sont malencontreusement engagés sur le terrain d'un site de carrière et franchissant une dernière clôture, ont chuté, ce qui entraîna, on le saura plus tard, leur décès à tout deux. Durant les recherches, les agents n'étaient pas au courant du déroulement précis de l'évènement tout en n'excluant pas l'éventualité de ce scénario. Par contre, ils étaient dans l'impossibilité de le vérifier en poussant les recherches plus loin dans cette zone.

Supposons maintenant que l'équipe d'intervention ait eu accès à un SATP, elle aurait pu l'utiliser pour effectuer une envolée d'inspection du voisinage. Nous avons tenté de simuler les conditions de cette envolée. La figure de gauche illustre la trajectoire de notre SATP, donnée par son application de gestion de vol. Nous l'avons reproduite sur une carte, à droite, pour mieux présenter les environs. Les données montrent une envolée couvrant une distance de 1 118 m linéaire, sans s'éloigner de plus que 300m de son point de départ, en un peu moins que cinq minutes. Considérant l'autonomie de plusieurs batteries, il est facile de constater qu'une inspection plus prolongée que la nôtre aurait certainement permis la détection des victimes.

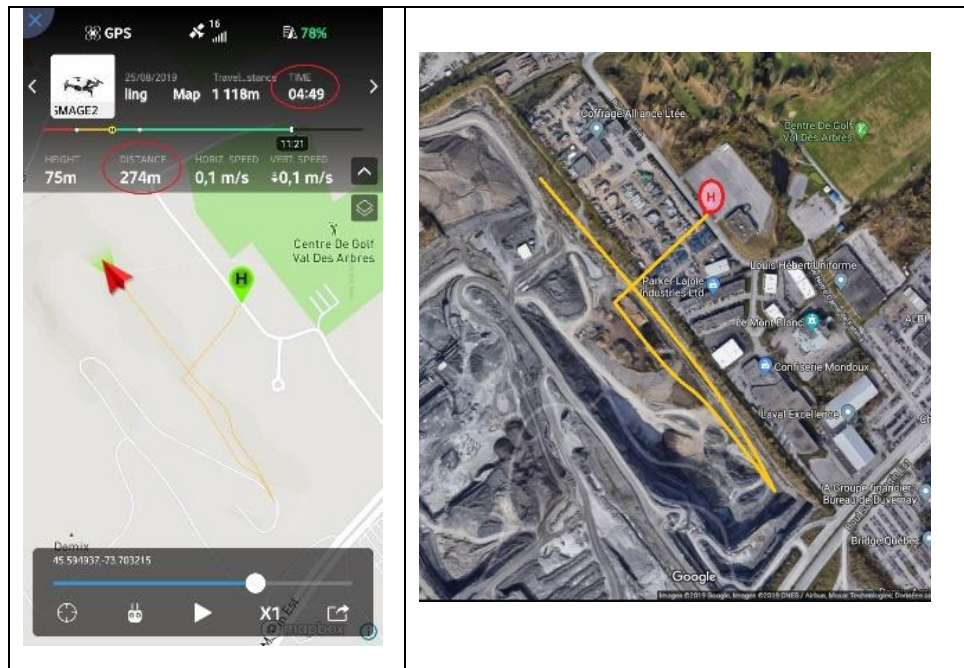


Figure 13 : Trajectoire du vol de la recherche simulée

2- Le « carré Laval »

Bordé par l'autoroute 15, les boulevards du Souvenir, Daniel-Johnson et St-Martin ouest, c'est un terrain de 43.63 ha de superficie que le service d'urbanisme compte redévelopper. Pour cela, l'équipe de projet a besoin d'un modèle numérique de cet espace. Il nous a donc été demandé de produire un modèle numérique de surface (MNS), mais de le livrer sous forme vectorielle compatible avec « SketchUp ». On nous avait aussi demandé de produire

quelques images et autres prises de séquences vidéo pour alimenter du matériel promotionnel pour le projet.

a- Analyse de l'environnement de l'intervention

Le terrain se trouve dans une zone où les opérations ont une sensibilité particulière au contexte aéronautique. De fait, l'espace qui le surplombe fait partie d'une zone de contrôle de classe « C » qui s'étend verticalement de la surface jusqu'à une hauteur de 3000 pi (914 m). Comme stipulé par le règlement, il faut obtenir une autorisation de Nav Canada, qui est le gérant de cet espace.

En outre, cette intervention eut plus d'un défi à relever, notamment sur le plan de la prise en compte de la circulation des véhicules et des personnes. En effet, cet endroit est actuellement utilisé comme dépôt à neige en plus d'y entreposer plusieurs équipements et machineries lourdes. Le terrain comprend aussi les vestiges d'une ancienne carrière en plus de friches hautes sur les abords. La proximité avec les véhicules et les passants circulant sur les boulevards adjacents vient ajouter une difficulté de plus à notre planification. Cette situation fait que notre préparation a nécessité de tenir compte de ces activités tout en tâchant de ne pas les entraver en respect néanmoins des règles de sécurité. Ceci nous a obligés, par exemple, à réaliser une de nos interventions durant la fin de semaine.

b- Préparation de la mission

L'étape de préparation de la mission a nécessité plusieurs heures de travail incluant la mise en place : des procédures, des checklists, du plan de la mission, etc. Pour le terrain, une visite de deux heures, à deux personnes, était suffisante pour en faire le tour et étudier l'environnement des opérations. À l'issue de cette visite, nous avons produit une carte, illustrée par la figure suivante, qui décrit la répartition de l'espace de la mission en zones sécurisées.

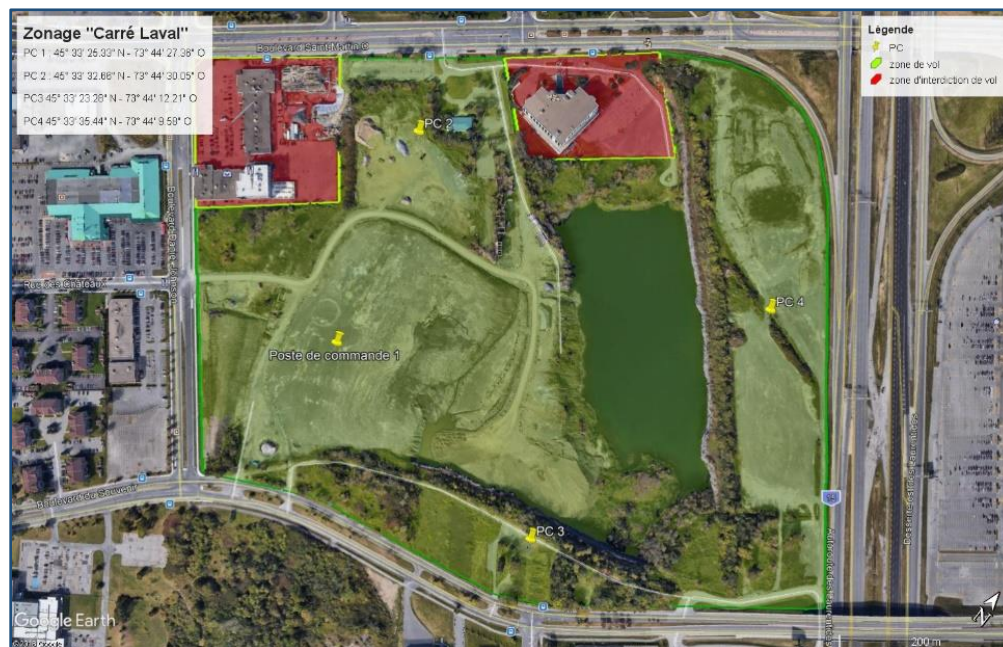


Figure 14 : Carte de la répartition de l'espace d'intervention

Vu la taille du terrain, plusieurs envolées étaient nécessaires. Pour cela, nous avons à dresser un poste de commande à chaque occasion. Nous avons choisi de les placer le plus près possible de la zone de vol. Nous avons noté des positions géographiques représentant des emplacements possibles pour des postes de contrôle. Ces coordonnées nous étaient utiles pour les listes de vérification d'urgence en cas de dérive du SATP par exemple.

c- Demandes des autorisations

Pour ce qui est de l'autorisation du propriétaire du site, nous étions un service de la Ville de Laval qui intervenait sur une propriété de la Ville. De fait donc, nous étions autorisés par notre mandat. Par ailleurs, il n'y avait pas d'enjeu de renseignements sur la vie privée ni d'exposition d'individus ou de bien à notre capteur d'images. Il n'y avait aussi aucune autorisation à aller chercher dans ce sens. La seule autorisation à laquelle nous étions assujettis était celle délivrée par Nav Canada pour l'accès à l'espace aérien. Comme nous avons conduit des essais avant les vols de captation définitive, le dépôt de plusieurs demandes a été nécessaire auprès de Nav Canada. À chaque fois, nous avons rempli un formulaire de demande sur le portail dédié par l'organisme pour cet exercice. Nous étions capables d'avoir notre autorisation en quelques heures.

d- Déroulement des activités de terrain

Pour le déroulement des opérations, nous avons commencé par installer les points de control au sol, appelés aussi « *ground control point* » (GCP). Le fait de les marquer et de les relever était une étape nécessaire pour la qualité du post-traitement des images. Nous avons choisi d'en placer 25 et ce nombre relativement élevé s'explique d'abord par la nature accidentée du terrain avec des variations brusques du niveau du sol, ensuite par le fait qu'une partie de ces points devaient servir comme outil de vérification (*Check point*) de l'exactitude et de la précision du produit final.

Les activités de captation d'images ont pris 11 heures entre la mise en place et le temps de vol effectif. Au total, ce sont 28 heures-personne qui ont été nécessaires à la collecte de données, détaillées comme suit :

- 3 h, pilote et un observateur, une après-midi,
- 6 h, pilote et deux observateurs, une journée,
- 2 h, pilote et un observateur, en fin de semaine pour la sécurité des employés.

Mesurée en temps effectif, la captation d'images s'était déroulée sur 3 h 30 minutes (16 envolées de 13 minutes de temps de vol en moyenne). Les opérations ont été assurées par un Mavic Air⁹ de DJI. Nous avons récolté 1902 images en mode de réglage automatique des paramètres du capteur. En absence d'enjeu d'exactitude radiométrique, en plus d'être en mode essai, nous avons adopté ce mode par simplicité. Nous n'avons pas effectué de balayage croisé, ceci aurait doublé le temps de collecte de données. Nous avons cependant compensé cette situation par un arrêt du SATP à chaque prise d'image, améliorant ainsi la précision du positionnement tout en donnant le temps à l'appareil photo de s'ajuster.

⁹ Il n'était pas question de choix de modèle, nous avons utilisé ce qui nous était disponible.

e- Réglages SATP

Outre le mode automatique, nous avons aussi utilisé des paramètres fixes, tels la longueur de la focale ou le reste des caractéristiques¹⁰ de son capteur d'origine. Lors d'une conversation¹¹ que nous avons eue avec Mme Julie Camy, une spécialiste des opérations de captation par drone qui travaille pour *Esquadrone*, nous avons appris qu'avec un tel choix des paramètres, nous risquions d'avoir des résultats non optimaux, ce qui fut le cas.

En effet, Mme Camy nous a expliqué qu'il faut pouvoir intervenir sur le réglage des paramètres du capteur pour mieux l'adapter aux conditions d'éclairage, de couleurs et de texture de la scène captée afin de mieux la reconstituer. Par exemple, il est généralement recommandé de régler le *shutter* sur un niveau élevé pour prévenir le flou sur les objets. Cependant, il ne devrait pas être trop élevé quand il s'agit de capter une scène à la texture foncée et homogène comme une forêt. Dans un autre ordre d'idées, si on adopte un réglage automatique et que les conditions météorologiques viennent à changer en cours de captation, la reconstitution de certains éléments de la scène sera probablement floutée. Voici quelques conseils, à titre d'exemples, pour un travail de **photogrammétrie** de qualité et qui méritent d'être approfondis ultérieurement :

- ne pas utiliser de capteurs à focale fixe au risque d'apporter des transformations indues dans les résultats. Les SATP avec capteur intégré sont, en ce sens, à bannir (ex : Mavic air ou Mavic pro),
- utiliser des capteurs à obturation mécanique,
- ne pas effectuer de captation d'images par temps ensoleillé, ni par nébulosité changeante, pour éviter l'effet d'ombre portée. Idéalement, avoir une couverture nuageuse constante pour une lumière diffuse,
- ne pas dépasser les 7 m/s comme vitesse maximale de déplacement du SATP, si on ne fait pas d'arrêt pour la prise du cliché,
- s'assurer que les conditions météorologiques soient sensiblement les mêmes, si les envolées se font sur plusieurs journées,
- ne pas dépasser les valeurs de 85 % et de 65 % de chevauchement, successivement pour le longitudinal et le latéral. Au-delà de ces limites on ne peut pas obtenir de meilleurs résultats, mais on augmente inutilement le temps de post-traitement.

f- Post-traitement

Pour le post-traitement des images, nous avons testé l'utilisation de deux (2) logiciels parmi les plus connus : *PIX4D Mapper* et *Drone2Map* d'ESRI. Pour les deux, les étapes étaient sensiblement les mêmes et pour cause : *Drone2Map* utilise une interface et des outils fondés sur Pix4D croisé avec ArcGIS Pro (Rikli, 20108, p. 12).

L'étape de post-traitement peut prendre beaucoup de temps, dépendamment de l'importance du projet, surtout si l'ordinateur utilisé pour la tâche ne possède pas les caractéristiques optimales pour le faire. En effet, tel que présenté précédemment, plus les performances de la RAM et de la carte graphique sont élevées, plus rapide est la phase de

¹⁰ <https://www.dji.com/ca/mavic-air/info>

¹¹ Conversation téléphonique, le 6 septembre 2019

post-traitement. De même, les logiciels utilisés n'ont pas la même vitesse de calcul. Comme nous avons pu le constater à travers l'utilisation des deux logiciels susmentionnés, notre projet n'a pas pris la même durée pour être exécuté avec *PIX4D Mapper* qu'avec *Drone2Map*. Le tableau suivant illustre le temps qu'a pris chaque phase de post-traitement pour les programmes utilisés. Ces valeurs se retrouvent dans les rapports de qualités émis par chaque logiciel.

Tableau 19 : Durée des phases de post-traitement par logiciel

Étapes	Processus	Durée (hh :mm :ss)	
		PIX4D	Drone2Map
1	Étape initiale du processus	06:26:40	08:05:44
2	Densification nuage de points	09:45:03	07:26:56
	Classification nuage de points	N/A	00:31:40
	Production maille texturée 3D	00:45:27	01:05:31
3	Production MNS	02:47:25	01:53:44
	Production orthomosaique	10:15:59	03:33:35
	Production MNT	00:00:00	00:47:54
	Production lignes de contour	00:02:17	00:00:00
	Production carte de réflectance	00:00:00	00:00:00
	Production carte des indices	00:00:00	00:00:00
Total post-traitement		30:02:51	23:25:04

3- Service environnement et écocitoyenneté

a- Mandat

Pour le troisième et dernier banc d'essai réalisé dans le cadre de la présente étude, nous avons sollicité le Service de l'environnement et de l'écocitoyenneté de la Ville de Laval afin qu'il formule un mandat, simulant un bon commande de travaux à exécuter avec SATP. Le service nous a donc proposé de générer une série de mosaïques géoréférencées de photos aériennes verticales et de modèles numériques de terrain portant sur sept (7) ruisseaux et fossés dans le secteur de Val-des-Ruisseaux (voir figure 15).

b- Déroulement des opérations

Durant les préparatifs et suite à la visite du terrain, nous avons pu constater certaines difficultés ; il s'agissait essentiellement d'éléments de planification en relation avec la proximité des terrains riverains et autres enjeux de préservation de la vie privée.

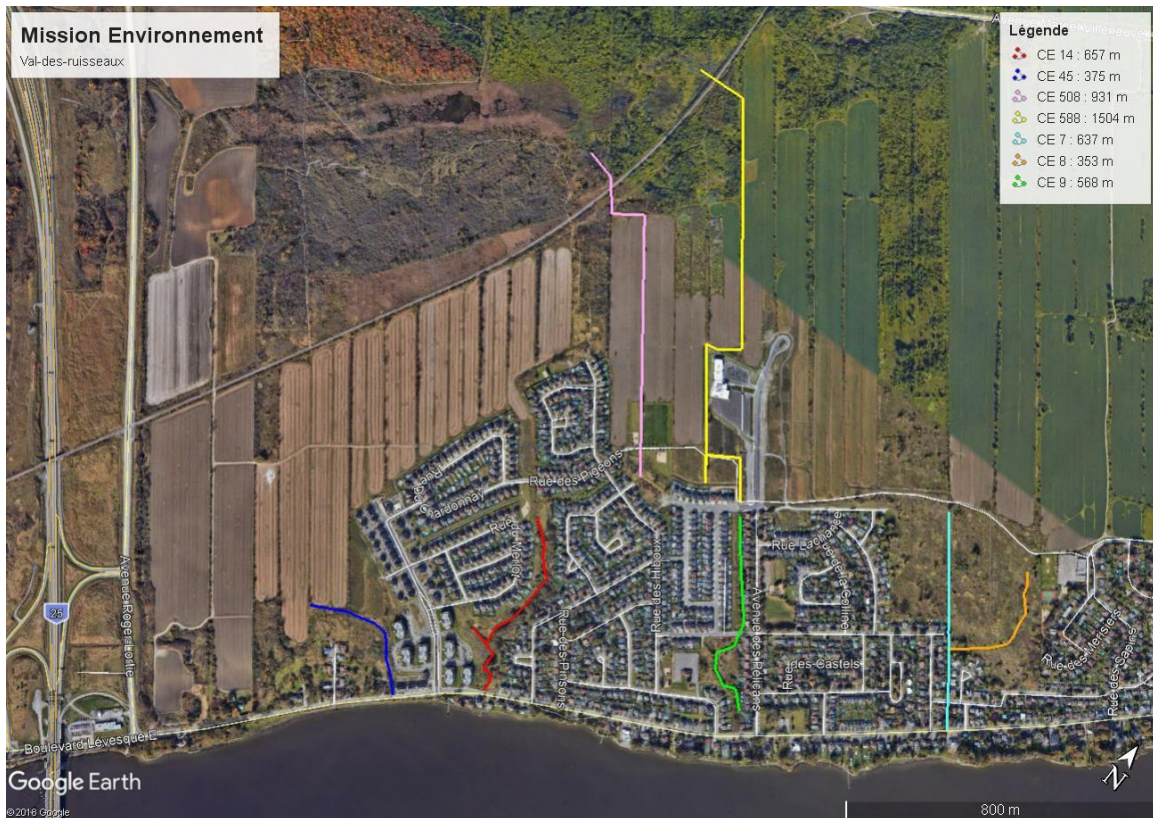


Figure 15 : Carte des emplacements des ruisseaux

De même, du fait de la période de la mission (fin du mois de novembre, début de décembre), le secteur était généralement peu propice du fait des précipitations récentes rendant les terres impraticables tellement elles étaient boueuses ou couvertes par un tapis neigeux empêchant de capter le sol. Cependant, un épisode de pluie intense accompagné d'un redoux des températures ont permis de faire fondre le couvert neigeux tout en aggravant la présence de zones boueuses.

Cette conjoncture nous a amené à écarter du banc d'essai les ruisseaux CE 508 et CE 588 qui, comme le montre la figure 15, traversent de grandes étendues labourées, très difficiles d'accès pas la voie pédestre. Nous avons aussi écarté la moitié sud du CE 7 et la moitié nord du CE 9 en raison de leur trop grande proximité des terrains riverains. De même, nous n'avons pas fait de captation d'images pour la moitié nord du CE 14 du fait de la trop dense végétation en place, empêchant ainsi la vue du sol ou d'éventuels GCP.

Par ailleurs, les conditions météorologiques très changeantes de cette période de l'année ont rendu ardue la planification des envolées : entre les journées où l'ensoleillement n'était pas uniforme à cause d'une couverture nuageuse éparse et les journées de précipitations, trouver le moment idéal pour conduire une mission ne fut pas aisé. En outre, déposer les marques au sol pour les GCP était une opération répétitive, fastidieuse et qui a pris beaucoup de temps en raison de la nature accidentée, voire impraticable du secteur. En moyenne, pour 15 minutes de vol, 30 minutes minimum étaient nécessaires pour déposer et lever les GCP et presque autant pour les récupérer après l'envolée.

En résumé, nous avons exécuté cinq (5) envolées en autant de journées et pour autant de ruisseaux représentant une distance cumulée de 1.7 kilomètres linéaires. Cette mission a requis 77 minutes de temps de vol effectif pour un total de près de 6 h pour déposer, lever et récupérer les marques au sol des GCP.

c- Résultats et discussion

Pour chaque cours d'eau, nous avons produit une mosaïque d'images géoréférencée, un modèle numérique de surface ainsi que des courbes du niveau d'élévation du terrain au pas de 50 centimètres. La figure suivante illustre une carte du ruisseau CE 45 qui regroupe ces produits.

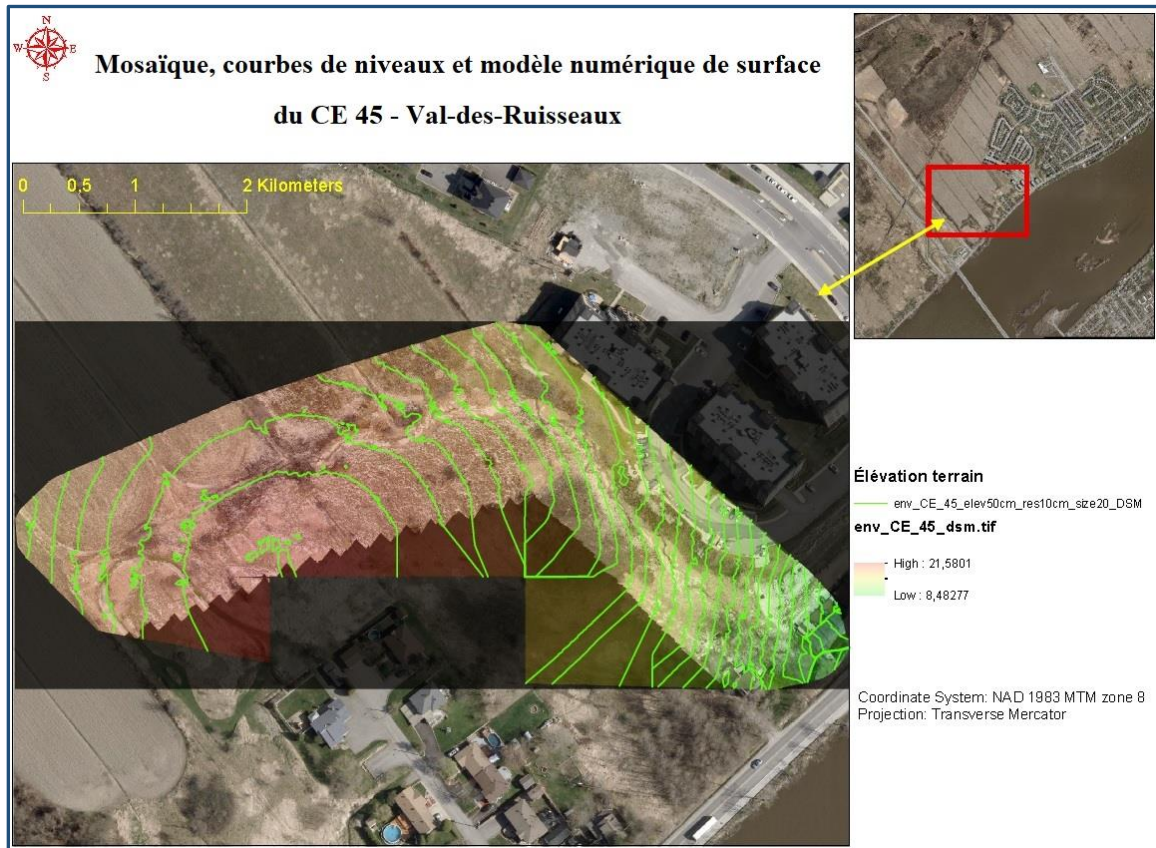


Figure 16 : Exemple des produits générés pour chacun des ruisseaux

Dans l'ensemble, hormis les difficultés inhérentes à une période de l'année et une météo peu propice à la réalisation d'une telle mission, nous n'avons pas rencontré de difficulté technique ou logistique majeure. Comme cité précédemment, les terrains rencontrés étaient situés hors des sentiers battus ou des chemins praticables. Il a aussi fallu réfléchir à une solution pour le transport et la manutention des équipements nécessaires au marquage (clous, peinture, marteau...).

Le recours aux GCP était cependant primordial pour la précision du produit final. De même, le temps et l'effort nécessaires à leur implantation méritent d'envisager des procédés alternatifs permettant « d'alléger » la portion terrain de ce genre de contexte de mission. Dans ce sens, le fait que le SATP soit muni d'équipement de positionnement –

temps réel de type RTK (*Real Time Kinematic* ; cinématique temps réel) pourrait être une avenue à envisager. Dépendamment du niveau de précision requis pour le produit final, l'utilisation de cette technologie permettrait alors de réduire considérablement le besoin de recours aux GCP, voire même de s'en passer.

CONCLUSION

À l'issue de cette étude, on peut tout d'abord considérer que l'objectif initial, qui était de réaliser un portrait factuel de la situation à l'échelle corporative au regard de la technologie dronastique sous l'angle d'une analyse stratégique coût-avantages a été atteint. De même, nous avons tâché d'œuvrer avec le minimum d'idées préconçues et de parti-pris afin de fournir au lecteur un portrait fiable et actualisé des principales composantes humaines, techniques, technologies, réglementaires à considérer dans une optique d'internalisation de la technologie.

L'appui d'instances externes, reconnues comme expertes dans le domaine a été un apport précieux dans ce sens. De même, la validation de nos constats et analyses par des consultants indépendants, mais non moins experts, nous apparaît comme un gage de qualité de la démarche entreprise ici. Nous avons par la même occasion constaté que, le cas échéant, une démarche d'intégration de la technologie à l'échelle de la Ville de Laval pourrait bénéficier de nombreuses ressources au niveau provincial et fédéral dans les étapes de mise en place et de déploiement technologique.

Tel que mentionné dans ce rapport, la technologie dronastique est en plein essor et son utilisation dans la sphère municipale est, à terme, inéluctable. Il est donc nécessaire que la Ville puisse établir un positionnement stratégique vis-à-vis de cette technologie, fondé sur des éléments factuels, quantifiables, et prévisionnels de sorte de mettre en œuvre une démarche corporative ordonnée, planifiée et minimisant les risques associés.

Nous avons aussi mis en évidence le fait que la réglementation en vigueur, lorsque bien maîtrisée, ne constituait pas un élément limitatif à l'exploitation de cette technologie, malgré un territoire largement couvert par des zones d'opérations avancées. Outre les changements de la mécanique d'autorisation et les améliorations de la sécurité, les nouvelles règles en vigueur ouvrent le champ au monde professionnel ainsi qu'au développement et à l'innovation. Nous avons aussi eu l'occasion de soumettre la question de la juridiction de la municipalité dans ce domaine, ce qui aura permis de poser clairement les enjeux associés.

La description des composantes et prérequis à réunir pour opérer un SATP dans les règles de l'art a permis de mettre en avant l'importance que ces opérations soient assumées par des personnes ayant acquis une expertise reconnue et attestée par les autorités compétentes. En ce sens, et dans l'optique d'une internalisation de la technologie, nous recommandons que soient désignées des personnes dédiées à la prise en charge de l'ensemble des travaux et activités inhérentes à l'opération de SATP, incluant la gestion des équipements afférents.

Se fondant sur une démarche exhaustive de consultation des services concernés, il apparaît que les débouchés de cette technologie sont déjà en place à la Ville et qu'on pourrait s'attendre à un accueil favorable de leur part, advenant le fait de pouvoir offrir ce type de services spécialisés à l'échelle corporative.

Nonobstant le fait que certains de ces besoins peuvent être comblés par impartition, notre étude ainsi qu'en particulier l'analyse avantages-inconvénients et les bancs d'essai réalisés en mode « production » ont mis en évidence plusieurs des avantages d'une disponibilité de l'expertise à l'interne. Ajoutant à cela des estimations budgétaires somme toute raisonnables, il nous apparaît censé que la Ville engage les moyens nécessaires pour se doter de ressources humaines et technologiques dans ce domaine, et ceci quitte à réévaluer sa stratégie d'intégration au terme d'un cycle triennal.

BIBLIOGRAPHIE

- Atelier urbain (2018). Urbanisme aérien, Guide technique, [En ligne]. (http://www.latelierurbain.com/wp-content/uploads/2018/09/Guide-technique_Drone_Version-finale.pdf). Page consultée le 23 octobre 2019.
- Bélangier, M.C. & Bouroubi, Y. (2015). Réflexion sur l'état d'adoption des technologies d'agriculture de précision au Québec, Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ), Commission géomatique agricole et agriculture de précision, mémoire, 18 pages.
- Boivin-Forcier, K. (2018). 20 ans d'innovation pour le Centre de géomatique du Québec, *INFORME AFFAIRES- Saguenay-Lac-Saint-Jean*, 28 novembre 2018, [En ligne]. (<https://informeaffaires.com/regional/technologie/20-ans-dinnovation-pour-le-centre-de-geomatique-du-quebec>). Page consultée le 16 octobre 2019.
- Bonn, F. & Rochon, G. (1992). *Précis de télédétection - Volume 1 : Principes et méthodes*. Québec, Presses de l'Université du Québec, Agence Universitaire de la Francophonie.
- Boutros, M. (2019). Des drones à la ferme, *Le Devoir*, 31 juillet 2019, [En ligne]. (<https://www.ledevoir.com/societe/environnement/559751/des-drones-a-la-ferme>). Page consultée le 14 août 2019.
- Caloz, R.&Collet, C. (2001). *Précis de télédétection - Volume 3 : Traitements numériques d'images de télédétection*. Québec, Presses de l'Université du Québec, Agence Universitaire de la Francophonie.
- Canada (2019a). *Règlement de l'aviation canadien*. Ottawa : ministère de la Justice, DORS/96-433.
- Canada (2019b). *Site web de la législation - Dispositions connexes*, [En ligne], Ottawa. (<https://lois-laws.justice.gc.ca/fra/reglements/DORS-96-433/rpdc.html>). Page consultée le 30 juillet 2019.
- Canada. Agriculture et Agroalimentaire Canada (2019). *Centre de recherche et de développement de Saint-Jean-sur-Richelieu*, [En ligne], Ottawa. (<http://www.agr.gc.ca/fra/science-et-innovation/centres-de-recherche-et-collections-sur-l-agriculture-et-l-agroalimentaire/quebec/centre-de-recherche-et-de-developpement-de-saint-jean-sur-richelieu/?id=1180632057455>). Page consultée le 16 octobre 2019.
- Canada. Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail (2019). *Fiches d'information Réponses SST - Danger et risque*, [En ligne], Ottawa. (https://www.cchst.ca/oshanswers/hsprograms/hazard_risk.html). Page consultée le 30 juillet 2019.

- Canada. Conseil national de recherche Canada (2019a). *Outil de sélection de site de vol de drone*, [En ligne], Ottawa. (<https://cnrc.canada.ca/fr/outil-drone/>). Page consultée le 30 juillet 2019.
- Canada. Conseil national de recherche Canada (2019b). *Le CNRC, Transports Canada et le CARIC lancent un appel pour trouver des idées de projet de recherche collaborative sur les systèmes d'aéronefs télépilotes (SATP)*, [En ligne], Ottawa. (<https://cnrc.canada.ca/fr/histoires/cnrc-transports-canada-caric-lancent-appel-trouver-idees-projet-recherche-collaborative-systemes>). Page consultée le 16 octobre 2019.
- Canada. Conseil national de recherche Canada (2019c). *Une nouvelle perspective aérienne pour étudier notre territoire*, [En ligne], Ottawa. (<https://cnrc.canada.ca/fr/histoires/nouvelle-perspective-aerienne-etudier-notre-territoire>). Page consultée le 16 octobre 2019.
- Canada. Conseil national de recherche Canada (2019d). *Préparer l'avenir de la mobilité aérienne*, [En ligne], Ottawa. (<https://cnrc.canada.ca/fr/histoires/preparer-lavenir-mobilite-aerienne>). Page consultée le 16 octobre 2019.
- Canada. Innovation, Sciences et Développement économique Canada (2019). *CIR-21 — Guide d'étude du certificat restreint d'opérateur radio (compétence aéronautique)*, [En ligne], Ottawa. (<https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/fra/sf01397.html>). Page consultée le 4 décembre 2019.
- Canada. Parlement canadien (2017). *L'utilisation civile des drones au Canada*. Ottawa : Parlement canadien, publication n° 2017-23-F, 24.
- Canada. Transports Canada (2019a). *À propos du Règlement de l'aviation canadien (RAC)*, [En ligne], Ottawa. (<https://www.tc.gc.ca/fra/aviationcivile/servreg/rac/apropos-1170.htm>). Page consultée le 30 juillet 2019.
- Canada. Transports Canada (2019b). *Assurance de la sécurité des systèmes d'aéronefs télépilotes*. Ottawa : Ministère des transports du Canada, ébauche non publiée d'une circulaire d'information, Aviation civile, direction des normes, CI922-001.
- Canada. Transports Canada (2019c). *Connaissances exigées pour les pilotes de systèmes d'aéronefs télépilotes de 250 g à 25 kg inclusivement, utilisés en visibilité directe (VLOS)*. Ottawa : Ministère des transports du Canada, TP15263F, 3^e édition.
- Canada. Transports Canada (2019d). *Immatriculer votre drone : Aperçu*, [En ligne], Ottawa. (<https://www.tc.gc.ca/fr/services/aviation/securite-drones/immatriculation-drone.html>). Page consultée le 30 juillet 2019.
- Canada. Transports Canada (2019e). *Loi sur l'aéronautique*, [En ligne], Ottawa. (<https://www.tc.gc.ca/fra/lois-reglements/lois-1985cha-2.htm>). Page consultée le 30 juillet 2019.

- Canada. Transports Canada (2019f). *Norme 921 – Petits aéronefs télépilotés en visibilité directe (VLOS)*, [En ligne], Ottawa. (<http://www.tc.gc.ca/fr/transports-canada/organisation/lois-reglements/reglements/dors-96-433/norme-921.html>). Page consultée le 30 juillet 2019.
- Canada. Transports Canada (2019g). *Norme 922 – Assurance de la sécurité des SATP*, [En ligne], Ottawa. (<http://www.tc.gc.ca/fr/transports-canada/organisation/lois-reglements/reglements/dors-96-433/norme-922.html>). Page consultée le 30 juillet 2019.
- Canada. Transports Canada (2019h). *Sécurité des drones*, [En ligne], Ottawa. (<http://www.tc.gc.ca/fr/services/aviation/securite-drones.html>). Page consultée le 30 juillet 2019.
- Canada. Transports Canada (2019i). *Transport des marchandises dangereuses - Saviez-vous que les piles au lithium sont des marchandises dangereuses?* Ottawa : Ministère des transports du Canada, SGDDI 10283010.
- Canada. Transports Canada (2019j). *Trouvez la catégorie d’opération de votre drone*, [En ligne], Ottawa. (<https://www.tc.gc.ca/fr/services/aviation/securite-drones/trouver-categorie-operation-drone.html>). Page consultée le 30 juillet 2019.
- Canada. Transports Canada (2019k). *Utiliser votre drone de façon sécuritaire et légale*, [En ligne], Ottawa. (<https://www.tc.gc.ca/fr/services/aviation/securite-drones/utiliser-drone-facon-securitaire-legale.html>). Page consultée le 30 juillet 2019.
- Canada. Transports Canada (2019l). *Innovation et collaboration en matière de drones*, [En ligne], Ottawa. (<https://www.tc.gc.ca/fr/services/aviation/securite-drones/innovation-collaboration-matiere-drones.html>). Page consultée le 20 septembre 2019.
- Canada. Transports Canada (2019m). *Manuel d’information aéronautique*. Ottawa : Ministère des transports du Canada, TP 1437F.
- Centre d’excellence sur le drone (2019a). *À propos*, [En ligne]. (<http://cedalma.com/a-propos/>). Page consultée le 16 octobre 2019.
- Centre d’excellence sur le drone (2019c). *Les derniers développements : Créneau, Qualia*, centre d’excellence sur les drones. Document de travail de l’organisation, non publié.
- Centre de géomatique du Québec (2019a). *Qui sommes-nous?*, [En ligne]. (<http://www.cgq.qc.ca/fr/qui-nous-sommes>). Page consultée le 23 octobre 2019.
- Centre de géomatique du Québec (2019b). *Nos services*, [En ligne]. (<http://www.cgq.qc.ca/fr/nos-services>). Page consultée le 23 octobre 2019.
- Centre de géomatique du Québec (2019c). *Notre expertise*, [En ligne]. (<http://www.cgq.qc.ca/fr/notre-expertise>). Page consultée le 23 octobre 2019.

- Centre de géomatique du Québec (2019d). Nos projets, [En ligne]. (<http://www.cgq.qc.ca/fr/nos-projets#block-56>). Page consultée le 23 octobre 2019.
- Flyingeye, (2019). Les batteries drone : obtenir la meilleure durée de vie, Les recommandations à suivre pour vos batteries drone, *Flyingeye*, 18 mai 2019, [En ligne]. (<https://www.flyingeye.fr/les-batteries-drone-obtenir-la-meilleure-duree-de-vie/>). Page consultée le 30 juillet 2019.
- Freeman, P.K. & Freeland, R.S. (2014). Politics & technology: U.S. polices restricting unmanned aerial systems, *Food policy*, 49, 302-311.
- Gavelle, E. (2015) *Surveillance phytosanitaire des cultures de pommes de terre à l'aide de la télédétection par aéronef sans pilote*, Mémoire de maîtrise non publiée. Sherbrooke : Université de Sherbrooke, Département de géomatique appliquée.
- Guermonprez, P. (2014). *Les drones débarquent*. France, Éditions FYP, collection « Présence ».
- Gomez-Candon, D. et al. (2014). Assessing the accuracy of mosaics from unmanned aerial vehicle (UAV) imagery for precision agriculture purposes in wheat, *Precision Agriculture*, 15, 44-56.
- Gupta, S.G. et al. (2013). Review of Unmanned Aircraft System (UAS), *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology*, 2, 1646-1658.
- Huet, A. & Jullien, P. (2005). Agriculture de précision, in C. E. Laurent & P. Thinon (dir) *Agricultures et territoires*, Hermes Science-Lavoisier, CH 11.
- Institut national de la recherche scientifique (2019). Laboratoire de télédétection environnementale par drone, [En ligne]. (<http://www.ete.inrs.ca/ete-recherche/infrastructures-equipements/laboratoire-teledection-environnementale-par-drone>). Page consultée le 23 octobre 2019.
- Jobard, R. (2015). *Les drones, la nouvelle révolution*. Paris, Éditions Eyrolles, collection Serial makers.
- Jolicoeur, M. (2017). Drones de mystère, drones d'affaires, *les affaires*, 17 juin 2017, [En ligne]. (<https://www.lesaffaires.com/secteurs-d-activite/aeronautique-et-aerospatiale/drones-de-mystere-drones-d-affaires/595494>). Page consultée le 30 juillet 2019
- Larousse (2019). *Dictionnaire Larousse français monolingue et bilingue*, Paris : Agence web Fidesio, [En ligne]. (<https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/dronautique>). Page consultée le 30 juillet 2019.

- MMQ. Mutuelle des municipalités du Québec (2019). Produits et services – Assurance, [En ligne]. (<https://www.mutuellemmq.com/produits-et-services/assurance/>). Page consultée le 30 juillet 2019.
- Murfin, T. (2018). UAV Report: Growth trends & opportunities for 2019, *GPS World: GNSS, position, navigation, timing*, octobre, [En ligne]. (<https://www.gpsworld.com/uav-report-growth-trends-opportunities-for-2019/>). Page consultée le 05 novembre 2019.
- Nav Canada, (2019a). Ce que nous faisons – Nos services, *Nav Canada*, [En ligne]. (<https://www.navcanada.ca/FR/about-us/Pages/what-we-do.aspx>). Page consultée le 30 juillet 2019.
- Nav Canada, (2019b). Qui nous sommes – À propos de NAV CANADA, *Nav Canada*, [En ligne]. (<https://www.navcanada.ca/FR/about-us/Pages/who-we-are.aspx>). Page consultée le 30 juillet 2019.
- Nav Canada, (2019c). Utilisation d’aéronefs télépilotes dans l’espace aérien canadien, *Nav Canada*, [En ligne]. (<http://www.navcanada.ca/FR/products-and-services/RPAS/Pages/default.aspx>). Page consultée le 30 juillet 2019.
- Parisien, (Le) (2015). L'histoire du drone racontée par son « inventeur », *Le Parisien*, 13 février 2015, [En ligne]. (<http://www.leparisien.fr/high-tech/l-histoire-du-drone-racontee-par-son-inventeur-13-02-2015-4530761.php>). Page consultée le 30 juillet 2019.
- Preveraud, J-F. (2015). Le drone a 100 ans, *Industrie et technologies*, [En ligne]. (<https://www.industrie-techno.com/article/le-drone-a-100-ans.36883>). Page consultée le 30 juillet 2019.
- Provencher, L. & Dubois, JM. M. (2007). Précis de télédétection - Volume 4: Méthodes de photo-interprétation et d'interprétation d'image. Québec, Presses de l'Université du Québec, Agence Universitaire de la Francophonie.
- Québec. Économie et Innovation Québec (2019). *Créneaux d'excellence, Drones civils et commerciaux*, [En ligne], Ottawa. (<https://www.economie.gouv.qc.ca/bibliotheques/creneaux/drones-civils-et-commerciaux>). Page consultée le 16 octobre 2019.
- Rettino-Parazelli, K. (2017). Les nouveaux maîtres du ciel, *Le Devoir, économie*, 18 février 2017, [En ligne]. (<https://www.ledevoir.com/economie/491998/les-nouveaux-maitres-du-ciel>). Page consultée le 16 octobre 2019.
- Rikli, K. (2018). *A Comparison of Drone Processing Softwares as applied to GIS and a “Fly-Through” of UAV/GIS workflows*. Drone View Technologies, document de travail de l'organisation, non publié

- Tardieu, A. (2019). Pour faire voler un drone, il vous faudra désormais un permis, *Radio-Canada*, 30 mai 2019, [En ligne]. (<https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1170017/drones-nouvelles-regles-professionnels-industrie-certificat>). Page consultée le 23 octobre 2019.
- Teal Group (2019). Teal Group Predicts Worldwide Civil Drone Production Will Almost Triple Over the Next Decade, Teal Group Corporation, [En ligne]. (<https://www.tealgroup.com/index.php/pages/press-releases/60-teal-group-predicts-worldwide-civil-drone-production-will-almost-triple-over-the-next-decade>). Page consultée le 23 octobre 2019.
- Tourino Soto, I. (2012). Télédétection et analyse spatiale en agriculture de précision: Relation entre la cartographie du rendement et la distribution spatiale de la surface du sol observée par télédétection. Toulouse, Éditions Universitaires Européennes.
- Wiktionnaire (2019). *Wiktionnaire : le dictionnaire libre*, a wikimedia project, Paris : Mediawiki, [En ligne]. (<https://fr.wiktionary.org/wiki/dronautique>). Page consultée le 30 juillet 2019.

Annexe 1 : Articles du Règlement de l'aviation canadien s'appliquant aux SATP

Table des matières du RAC, hors Partie IX

Partie I—Dispositions générales
101—Définitions
101.01 Définitions
102—Application
102.01 Application
103—Administration et application
103.02 Inspection de l'aéronef, demande de documents et interdictions
103.03 Retour d'un document d'aviation canadien
103.04 Tenue de dossiers

Partie III—Aérodromes et aéroports
301—Aérodromes
301.01 Application
301.08 Interdictions
301.09 Prévention des incendies
302—Aéroports
302.10 Interdictions
302.11 Prévention des incendies

Partie VI—Règles générales d'utilisation et de vol des aéronefs
601—Espace aérien
Structure, classification et utilisation de l'espace aérien
601.01 Structure de l'espace aérien
601.02 Classification de l'espace aérien
601.03 Espace aérien d'utilisation de transpondeurs
601.04 Vols IFR et VFR dans l'espace aérien de classe F à statut spécial réglementé ou à statut spécial à service consultatif
601.08 Vols VFR dans l'espace aérien de classe C

601.09 Vols VFR dans l'espace aérien de classe D
Restrictions relatives à l'utilisation d'aéronefs et dangers pour la sécurité aérienne
601.14 Définitions
601.15 Restrictions relatives à l'utilisation d'aéronefs lors des feux de forêts
601.16 Délivrance d'un NOTAM visant des restrictions relatives à l'utilisation des aéronefs lors des feux de forêt
601.17 Exceptions
601.20 Projection d'une source lumineuse dirigée de forte intensité vers un aéronef
601.21 Exigence relative aux avis
601.22 Obligation du commandant de bord
602–Règles d'utilisation et de vol–généralités
Utilisation d'un aéronef à un aérodrome ou dans son voisinage
602.96 Généralités
602.97 Utilisation des aéronefs VFR et des aéronefs IFR aux aérodromes non contrôlés à l'intérieur d'une zone de fréquence obligatoire (MF)
602.98 Exigences générales pour les comptes rendus MF
602.99 Procédures de compte rendu MF avant de circuler sur l'aire de manœuvre
602.100 Procédures de compte rendu MF au départ
602.101 Procédures de compte rendu MF à l'arrivée
602.102 Procédures de compte rendu MF au cours de circuits continus
602.103 Procédures de compte rendu en traversant une zone MF
Radiocommunications
602.136 Écoute permanente
602.138 Panne de radiocommunications bilatérales en vol VFR
602.146 Plan ESCAT
606–Divers
606.01 Matériel de guerre

(Transports Canada, 2019c)

Table des matières du RAC, Partie IX

900.01 à 900.02	Section I : Dispositions générales (Définition et application)
900.06	Section II : interdiction générale (Utilisation imprudente ou négligente)
901.01 à 901.87	Sous-partie 1 : petits aéronefs télépilotés
901.01	Section I : disposition générale (Application)
901.02 à 901.09	Section II : immatriculation des aéronefs télépilotés
901.02	- Immatriculation
901.03	- Numéro d'immatriculation
901.04	- Qualifications pour être propriétaire enregistré d'un aéronef télépilote
901.05	- Exigences relatives à l'immatriculation
901.06	- Registre des aéronefs télépilotes
901.07	- Annulation du certificat d'immatriculation
901.08	- Changement de nom ou d'adresse
901.09	- Accessibilité du certificat d'immatriculation
901.11 à 901.49	Section III : règles générales d'utilisation et de vol
901.11	- Visibilité directe
901.12	- Interdiction — périmètre de sécurité d'urgence
901.13	- Interdiction — espace aérien intérieur canadien
901.14	- Espace aérien contrôlé ou réglementé
901.15	- Entrée involontaire dans l'espace aérien contrôlé ou restreint
901.16	- Sécurité du vol
901.17	- Priorité de passage
901.18	- Évitement d'abordage
901.19	- État des membres d'équipage
901.20	- Observateurs visuels
901.21	- Conformité aux instructions
901.22	- Êtres vivants
901.23	- Procédures
901.24	- Information préalable au vol
901.25	- Altitude maximale
901.26	- Distance horizontale
901.27	- Examen des lieux
901.28	- Autres exigences avant vol
901.29	- État de service du système d'aéronef télépilote
901.30	- Accessibilité du manuel d'utilisation d'un système d'aéronef télépilote
901.31	- Instructions du constructeur
901.32	- Commandes d'un système d'aéronef télépilote
901.33	- Décollage, lancement, approche, atterrissage et récupération

901.34	- Conditions météorologiques — conditions minimales
901.35	- Givrage
901.36	- Vol de formation
901.37	- Interdiction — utilisation d'un véhicule, d'un navire ou d'un aéronef habité en mouvement
901.38	- Dispositif de vue à la première personne
901.39	- Vol de nuit — exigences
901.40	- Plusieurs aéronefs télépilotes
901.41	- Manifestations aéronautiques spéciales ou événements annoncés
901.42	- Transfert des responsabilités
901.43	- Charges utiles
901.44	- Système d'interruption de vol
901.45	- ELT
901.46	- Transpondeur et équipement de transmission automatique d'altitude-pression
901.47	- Utilisation à un aérodrome, un aéroport, un hélicoptère ou dans son voisinage
901.48	- Dossiers
901.49	- Mesures relatives aux incidents et accidents
901.53 à 901.59	Section IV : opérations de base
901.53	- Application
901.54	- Exigence relative au pilote
901.55	- Délivrance du certificat de pilote — petit aéronef télépilote (VLOS) — opérations de base
901.56	- Mise à jour des connaissances
901.57	- Accessibilité au certificat et aux relevés
901.58	- Règles relatives aux examens
901.59	- Reprise d'un examen ou d'une révision en vol
901.62 à 901.73	Section V : opérations avancées
901.62	- Application
901.63	- Exigence relative au pilote
901.64	- Délivrance du certificat de pilote — petit aéronef télépilote (VLOS) — opérations avancées
901.65	- Mise à jour des connaissances
901.66	- Accessibilité au certificat et aux relevés
901.67	- Règles relatives aux examens
901.68	- Reprise d'un examen ou d'une révision en vol
901.69	- Déclaration du constructeur — opérations permises
901.70	- Utilisation d'un système d'aéronef télépilote modifié
901.71	- Utilisation dans un espace aérien contrôlé
901.72	- Conformité avec les instructions du contrôle de la circulation aérienne

901.73	- Activités dans le voisinage d'un aéroport ou d'un hélicoptère — procédures établies
901.76 à 901.79	Section VI : opérations avancées : exigences relatives au constructeur
901.76	- Déclaration du constructeur
901.77	- Avis au ministre
901.78	- Documentation
901.79	- Tenue de dossiers
901.82 à 901.87	Section VII — exigences relatives à la révision en vol
901.82	- Interdiction — évaluateur de vol
901.83	- Qualifications d'évaluateur de vol
901.84	- Règles relatives à l'examen
901.85	- Reprise de l'examen
901.86	- Exigence — fournisseurs de formation
901.87	- Conduite des révisions en vol
902.01	Sous-partie 2 — [Réservée]
903.01 à 903.03	Sous-partie 3 — opérations aériennes spécialisées — systèmes d'aéronefs télépilotes
903.01	- Interdiction
903.02	- Demande de certificat d'opérations aériennes spécialisées — SATP
903.03	- Délivrance du certificat d'opérations aériennes spécialisées — SATP

(Canada, 2019a)

Partie IX — Systèmes d'aéronefs télépilotés

(Copie du texte original)

Section I — dispositions générales Définitions et interprétation

900.01 Les définitions ci-après s'appliquent à la présente partie.

Autonome Se dit d'un système d'aéronef télépiloté dont la conception ne permet pas l'intervention d'un pilote dans la gestion d'un vol. (*Autonomous*)

Charge utile Système, objet ou groupe d'objets à bord d'un aéronef télépiloté ou relié à celui-ci sans être essentiel au vol. (*Payload*)

Dérive Interruption ou perte de la liaison de commande et de contrôle d'un aéronef télépiloté qui fait en sorte que le pilote ne peut plus contrôler l'aéronef et que celui-ci ne suit plus les procédures prévues ou ne fonctionne plus de manière prévisible ou planifiée. (*fly-away*)

Dispositif de vue à la première personne Appareil qui génère une image vidéo et la transmet en continu sur un écran ou sur le moniteur du poste de contrôle et qui donne au pilote d'un aéronef télépiloté l'impression de le piloter du point de vue d'un pilote à bord. (*first-person view device*)

Fonctions de détection et d'évitement Capacité de voir, de prévoir ou de détecter les conflits de circulation aérienne ou tout autre danger et de prendre les mesures préventives appropriées. (*Detect and avoid functions*)

Liaison de commande et de contrôle Liaison de données entre l'aéronef télépiloté et le poste de contrôle utilisé pour la gestion d'un vol. (*Command and control link*)

Mesure obligatoire Inspection, réparation ou modification à l'égard d'un système d'aéronef télépiloté que son constructeur estime nécessaire et dont l'omission entraînerait un état dangereux ou potentiellement dangereux. (*Mandatory action*)

Observateur visuel Membre d'équipage formé pour aider le pilote à assurer la sécurité du pilotage en visibilité directe. (*Visual observer*)

Poste de contrôle Installations et équipement situés à distance de l'aéronef télépiloté et à partir desquels celui-ci est contrôlé ou surveillé. (*Control station*)

Système d'interruption du vol Système qui, une fois déclenché, interrompt le vol d'un aéronef télépiloté. (*Flight termination system*)

Visibilité directe ou **VLOS** Contact visuel avec un aéronef télépiloté, maintenu sans aide et en tout temps, qui est suffisant pour en garder le contrôle, en connaître l'emplacement et balayer du regard l'espace aérien dans lequel celui-ci est utilisé afin d'effectuer les fonctions de détection et d'évitement à l'égard d'autres aéronefs ou objets. (*visual line-of-sight* or *VLOS*)

- DORS/2019-11, art. 23

Application

900.02 La présente partie s'applique à l'égard de l'utilisation de systèmes d'aéronefs télépilotés.

- DORS/2019-11, art. 23

900.02.1 [Abrogé, DORS/2019-11, art. 25]

900.03 [Réservé, DORS/2019-11, art. 23]

[**900.03 à 900.05 réservés**]

Section II — interdiction générale

Utilisation imprudente ou négligente

900.06 Il est interdit d'utiliser un système d'aéronef télépiloté d'une manière imprudente ou négligente qui constitue ou est susceptible de constituer un danger pour la sécurité aérienne ou la sécurité des personnes.

- DORS/2019-11, art. 23

Sous-partie 1 — petits aéronefs télépilotés

Section I — disposition générale

Application

901.01 La présente sous-partie s'applique à l'égard de l'utilisation des systèmes d'aéronefs télépilotés qui comprennent un petit aéronef télépiloté.

- DORS/2019-11, art. 23

Section II — immatriculation des aéronefs télépilotés

Immatriculation

901.02 Il est interdit à toute personne d'utiliser un système d'aéronef télépiloté à moins que l'aéronef télépiloté ne soit immatriculé en vertu de la présente section.

- DORS/2019-11, art. 23

Numéro d'immatriculation

901.03 Il est interdit au pilote d'utiliser un système d'aéronef télépiloté à moins que le numéro d'immatriculation délivré en vertu de l'article 901.05 ne soit clairement visible sur l'aéronef télépiloté.

- DORS/2019-11, art. 23

Qualifications pour être propriétaire enregistré d'un aéronef télépiloté

901.04 (1) Sous réserve du paragraphe (2), peut être le propriétaire enregistré d'un aéronef télépiloté :

- a) un citoyen canadien;
- b) un résident permanent du Canada;
- c) une société constituée en vertu des lois du Canada, d'une province ou d'un territoire;
- d) une entité municipale, provinciale ou fédérale.

(2) Dans le cas d'une personne physique, celle-ci doit être âgée d'au moins quatorze ans pour être le propriétaire enregistré d'un aéronef télépiloté.

- DORS/2019-11, art. 23

Exigences relatives à l'immatriculation

901.05 (1) Sur réception d'une demande conforme au paragraphe (2), le ministre immatricule un aéronef télépiloté si le demandeur a qualité pour en être le propriétaire enregistré.

(2) La demande comprend les renseignements suivants :

- a) si le demandeur est une personne physique :
 - (i) son nom et son adresse,
 - (ii) sa date de naissance,
 - (iii) une mention indiquant si elle est un citoyen canadien ou un résident permanent du Canada;
- b) si le demandeur est une personne morale :
 - (i) sa dénomination sociale et son adresse,
 - (ii) le nom et le titre de la personne qui fait la demande;
- c) si le demandeur est Sa Majesté du chef du Canada ou d'une province :
 - (i) le nom de l'organisme gouvernemental,
 - (ii) le nom et le titre de la personne qui fait la demande;
- d) une mention indiquant si l'aéronef a été acheté ou construit par le demandeur;
- e) le cas échéant, la date de l'achat de l'aéronef par le demandeur;
- f) le cas échéant, le constructeur et le modèle de l'aéronef;
- g) le cas échéant, le numéro de série de l'aéronef;

- h)** la catégorie d'aéronef, notamment s'il s'agit d'un aéronef à voilure fixe, d'un aéronef à voilure tournante, d'un aéronef hybride ou d'un aéronef plus léger que l'air;
- i)** la masse maximale au décollage de l'aéronef;
- j)** tout numéro d'immatriculation canadien qui a déjà été délivré à l'égard de l'aéronef.

(3) Au moment de l'immatriculation d'un aéronef télépiloté, le ministre délivre à son propriétaire enregistré un certificat d'immatriculation qui comprend :

- a)** un numéro d'immatriculation;
- b)** le cas échéant, le numéro de série de l'aéronef;
- c)** si le constructeur a fait une déclaration en vertu de l'article 901.76 à l'égard du modèle de système d'aéronef télépiloté dont l'aéronef fait partie, les opérations visées au paragraphe 901.69(1) qui ont fait l'objet de la déclaration.

- DORS/2019-11, art. 23

Registre des aéronefs télépilotés

901.06 Le ministre établit et tient à jour un registre des aéronefs télépilotés qui contient les renseignements ci-après au sujet de chaque aéronef pour lequel un certificat d'immatriculation a été délivré en vertu de l'article 901.05 :

- a)** les noms et adresses du propriétaire enregistré;
- b)** le numéro d'immatriculation visé à l'alinéa 901.05(3)a);
- c)** tout autre renseignement sur l'aéronef que le ministre détermine utile pour l'immatriculation de l'aéronef télépiloté.

- DORS/2019-11, art. 23

Annulation du certificat d'immatriculation

901.07 (1) Le propriétaire enregistré d'un aéronef télépiloté doit aviser par écrit le ministre de la survenance de l'un ou l'autre des événements ci-après, dans les sept jours après en avoir pris connaissance :

- a)** l'aéronef est détruit;
- b)** l'aéronef est désaffecté;
- c)** l'aéronef est porté disparu et les recherches pour le retrouver sont terminées;
- d)** l'aéronef est porté disparu depuis au moins soixante jours;

- e) le propriétaire enregistré de l'aéronef en a transféré la garde et la responsabilité légale.

(2) La survenance de l'un ou l'autre des événements visés au paragraphe (1) entraîne l'annulation du certificat d'immatriculation d'un aéronef télépiloté.

(3) La survenance de l'un ou l'autre des événements ci-après entraîne l'annulation du certificat d'immatriculation d'un aéronef télépiloté :

- a) le propriétaire enregistré de l'aéronef est décédé;
- b) l'organisme qui est un propriétaire enregistré de l'aéronef a été liquidé, dissout ou fusionné;
- c) le propriétaire enregistré de l'aéronef n'a plus qualité au titre de l'article 901.04 pour en être le propriétaire enregistré.

(4) Pour l'application de la présente section, le propriétaire a la garde et la responsabilité légales d'un aéronef télépiloté s'il a l'entière responsabilité de l'utilisation et de la maintenance du système d'aéronef télépiloté dont l'aéronef fait partie.

- DORS/2019-11, art. 23

Changement de nom ou d'adresse

901.08 Le propriétaire enregistré d'un aéronef télépiloté doit aviser par écrit le ministre de tout changement de nom ou d'adresse dans les sept jours suivant le changement.

- DORS/2019-11, art. 23

Accessibilité du certificat d'immatriculation

901.09 Il est interdit au pilote d'utiliser un système d'aéronef télépiloté à moins que le certificat d'immatriculation délivré à l'égard de l'aéronef télépiloté ne lui soit facilement accessible pendant toute la durée de l'utilisation.

- DORS/2019-11, art. 23

[901.10 réservé]

Section III — règles générales d'utilisation et de vol

Visibilité directe

901.11 (1) Sous réserve du paragraphe (2), il est interdit au pilote d'utiliser un système d'aéronef télépiloté à moins que ce dernier ou un observateur visuel ne suive l'aéronef en visibilité directe pendant toute la durée du vol.

(2) Il est permis au pilote d'utiliser un système d'aéronef télépiloté sans que ce dernier ou un observateur visuel ne suive l'aéronef en visibilité directe s'il le fait en conformité avec

un certificat d'opérations aériennes spécialisées — SATP délivré en vertu de l'article 903.03.

- DORS/2019-11, art. 23

Interdiction — périmètre de sécurité d'urgence

901.12 (1) Il est interdit au pilote d'utiliser un aéronef télépiloté au-dessus ou à l'intérieur d'un périmètre de sécurité établi par une autorité publique en réponse à une situation d'urgence.

(2) Le paragraphe (1) ne s'applique pas à l'égard d'un aéronef télépiloté utilisé pour le sauvetage de vies humaines, une opération policière, une opération de lutte contre les incendies ou toute autre opération effectuée pour les besoins d'une autorité publique.

- DORS/2019-11, art. 23

Interdiction — espace aérien intérieur canadien

901.13 Il est interdit au pilote qui utilise un aéronef télépiloté de le faire quitter l'espace aérien intérieur canadien.

- DORS/2019-11, art. 23

Espace aérien contrôlé ou réglementé

901.14 (1) Sous réserve du paragraphe 901.71(1), il est interdit au pilote d'utiliser un aéronef télépiloté dans un espace aérien contrôlé.

(2) Il est interdit au pilote d'utiliser un aéronef télépiloté dans un espace aérien de classe F à statut spécial réglementé, tel que le précise le *Manuel des espaces aériens désignés*, à moins d'y être autorisé par la personne indiquée à cette fin dans cette norme.

(3) Pour l'application du paragraphe (2), la personne indiquée dans le *Manuel des espaces aériens désignés* peut autoriser l'utilisation d'un aéronef télépiloté lorsque les activités au sol ou dans l'espace aérien ne compromettent pas la sécurité des aéronefs utilisés dans cet espace aérien et que l'accès des aéronefs à cet espace aérien ne compromet pas la sécurité nationale.

- DORS/2019-11, art. 23

Entrée involontaire dans l'espace aérien contrôlé ou restreint

901.15 Le pilote d'un aéronef télépiloté veille à ce que l'unité de contrôle de la circulation aérienne, l'organisme utilisateur ou la station d'information de vol compétente soit immédiatement avisé s'il perd le contrôle de l'aéronef et que celui-ci entre ou est susceptible d'entrer involontairement dans un espace aérien contrôlé ou dans un espace aérien de classe F à statut spécial réglementé, tel que le précise le *Manuel des espaces aériens désignés*.

- DORS/2019-11, art. 23

Sécurité du vol

901.16 Le pilote qui utilise un système d'aéronef télépiloté cesse immédiatement de l'utiliser dès que la sécurité aérienne ou la sécurité des personnes est compromise ou est susceptible d'être compromise.

- DORS/2019-11, art. 23

Priorité de passage

901.17 Le pilote d'un aéronef télépiloté cède en tout temps le passage aux aérodynes entraînés par moteur, aux dirigeables, aux planeurs et aux ballons.

- DORS/2019-11, art. 23

Évitement d'abordage

901.18 Il est interdit au pilote d'utiliser un aéronef télépiloté à proximité telle d'un autre aéronef que cela créerait un risque d'abordage.

- DORS/2019-11, art. 23

État des membres d'équipage

901.19 (1) Il est interdit à toute personne d'agir en qualité de membre d'équipage d'un système d'aéronef télépiloté :

- a) lorsqu'elle est fatiguée ou sera probablement fatiguée;
- b) lorsqu'elle est, de quelque autre manière, inapte à exercer correctement ses fonctions.

(2) Il est interdit à toute personne d'agir en qualité de membre d'équipage d'un système d'aéronef télépiloté dans les cas suivants :

- a) elle a ingéré une boisson alcoolisée dans les douze heures qui précèdent;
- b) elle est sous l'effet de l'alcool;
- c) elle fait usage d'une drogue qui affaiblit ses facultés au point où la sécurité aérienne ou la sécurité des personnes est compromise ou est susceptible d'être compromise.

- DORS/2019-11, art. 23

Observateurs visuels

901.20 (1) Il est interdit au pilote d'utiliser un système d'aéronef télépiloté lorsqu'il a recours à des observateurs visuels pour l'aider dans les fonctions de détection et d'évitement, à moins qu'une communication fiable et en temps opportun ne soit maintenue entre lui et chaque observateur visuel pendant l'utilisation.

(2) L'observateur visuel communique en temps opportun avec le pilote si, pendant l'utilisation, il détecte un conflit de circulation aérienne, un danger pour la sécurité aérienne ou un danger pour la sécurité des personnes à la surface.

(3) Il est interdit à l'observateur visuel d'exercer ses fonctions à l'égard de plus d'un aéronef télépiloté simultanément, à moins que les aéronefs ne soient utilisés conformément au paragraphe 901.40(1) ou en conformité avec un certificat d'opérations aériennes spécialisées — SATP délivré en vertu de l'article 903.03.

(4) Il est interdit à l'observateur visuel d'exercer ses fonctions lorsqu'il utilise un véhicule, un navire ou un aéronef en mouvement.

- DORS/2019-11, art. 23

Conformité aux instructions

901.21 Chaque membre d'équipage d'un système d'aéronef télépiloté est tenu de se conformer aux instructions du pilote pendant le temps de vol.

- DORS/2019-11, art. 23

Êtres vivants

901.22 Il est interdit au pilote d'utiliser un aéronef télépiloté qui transporte des êtres vivants ou qui les a à son bord.

- DORS/2019-11, art. 23

Procédures

901.23 (1) Il interdit au pilote d'utiliser un système d'aéronef télépiloté à moins que les procédures ci-après n'aient été établies :

- a) des procédures relatives aux conditions normales d'utilisation, y compris des procédures avant le vol, le décollage, le lancement, l'approche, l'atterrissage ou la récupération;
- b) des procédures relatives aux conditions d'urgence, y compris celles touchant :
 - (i) la défaillance du poste de contrôle,
 - (ii) les défaillances de l'équipement,

- (iii) la défaillance de l'aéronef télépiloté,
- (iv) la perte de la liaison de commande et de contrôle,
- (v) la dérive,
- (vi) l'interruption de vol.

(2) Si le constructeur du système d'aéronef télépiloté fournit des instructions relativement aux sujets visés aux alinéas (1)a) et b), les procédures établies en vertu du paragraphe (1) doivent en tenir compte.

(3) Il est interdit au pilote de procéder au décollage ou au lancement d'un aéronef télépiloté à moins que les procédures visées au paragraphe (1) n'aient été révisées avant le vol par chaque membre d'équipage et qu'elles soient à leur portée.

(4) Il est interdit au pilote d'utiliser un système d'aéronef télépiloté, sauf conformément aux procédures visées au paragraphe (1).

- DORS/2019-11, art. 23

Information préalable au vol

901.24 Le pilote d'un aéronef télépiloté est tenu, avant le commencement d'un vol, de bien connaître les renseignements pertinents au vol qui sont à sa disposition.

- DORS/2019-11, art. 23

Altitude maximale

901.25 (1) Sous réserve du paragraphe (2), il est interdit au pilote d'utiliser un aéronef télépiloté à une altitude supérieure à l'une des altitudes suivantes :

- a) 400 pieds (122 m) AGL;
- b) 100 pieds (30 m) au-dessus d'un immeuble ou d'une structure, si l'aéronef est utilisé à une distance de moins de 200 pieds (61 m), mesurée horizontalement, de l'immeuble ou de la structure.

(2) Il est permis au pilote d'utiliser un aéronef télépiloté à une altitude supérieure à l'une des altitudes prévues au paragraphe (1) s'il le fait en conformité avec un certificat d'opérations aériennes spécialisées — SATP délivré en vertu de l'article 903.03.

- DORS/2019-11, art. 23

Distance horizontale

901.26 Sous réserve des alinéas 901.69(1)b) ou c), il est interdit au pilote d'utiliser un aéronef télépiloté à une distance de moins de 100 pieds (30 m), mesurée horizontalement et à n'importe quelle altitude, d'une personne, à l'exception d'un membre d'équipage ou d'une autre personne participant à l'utilisation.

- DORS/2019-11, art. 23

Examen des lieux

901.27 Il est interdit au pilote d'utiliser un système d'aéronef télépiloté à moins qu'il n'ait établi, avant le début de l'utilisation, que l'aire de décollage, de lancement, d'atterrissage ou de récupération convient à l'utilisation proposée après avoir effectué un examen des lieux en tenant compte des facteurs suivants :

- a) les limites de la région d'exploitation;
- b) le type d'espace aérien et les exigences réglementaires qui s'y appliquent;
- c) les altitudes et les trajets qui seront utilisés pour l'approche vers la région d'exploitation et pour le départ de celle-ci;
- d) la proximité de l'exploitation d'aéronefs habités;
- e) la proximité d'aérodromes, d'aéroports ou d'héliports;
- f) l'emplacement et la hauteur des obstacles, y compris les fils, les mâts, les immeubles, les tours de téléphonie cellulaire et les turbines éoliennes;
- g) les conditions météorologiques ou environnementales prédominantes de la région d'exploitation;
- h) les distances horizontales par rapport aux personnes qui ne participent pas à l'utilisation.

- DORS/2019-11, art. 23

Autres exigences avant vol

901.28 Avant le commencement d'un vol, le pilote d'un aéronef télépiloté, à la fois :

- a) s'assure que l'aéronef a suffisamment de carburant ou d'énergie pour terminer le vol de façon sécuritaire;
- b) veille à ce que chaque membre d'équipage, avant d'agir en cette qualité, ait reçu des instructions concernant :
 - (i) les fonctions qu'il doit exercer,
 - (ii) l'emplacement et le mode d'utilisation de tout équipement de secours associé à l'utilisation du système d'aéronef télépiloté;
- c) détermine la distance maximale que l'aéronef peut atteindre par rapport au pilote sans que la sécurité aérienne ou la sécurité des personnes ne soit compromise.

- DORS/2019-11, art. 23

État de service du système d'aéronef télépiloté

901.29 Il est interdit au pilote de procéder au décollage ou au lancement d'un aéronef télépiloté, ou de permettre le décollage ou le lancement d'un tel aéronef, à moins de s'assurer de ce qui suit :

- a) l'aéronef est en état de service;
- b) la maintenance du système d'aéronef télépiloté a été exécutée conformément aux instructions du constructeur;
- c) toutes les mesures obligatoires ont été prises conformément aux instructions du constructeur;
- d) l'équipement exigé par le présent règlement ou les instructions du constructeur est installé et en état de service.

- DORS/2019-11, art. 23

Accessibilité du manuel d'utilisation d'un système d'aéronef télépiloté

901.30 Il est interdit au pilote d'effectuer le décollage ou le lancement d'un aéronef télépiloté pour lequel le constructeur a fourni un manuel d'utilisation du système d'aéronef télépiloté, à moins que celui-ci ne soit à la portée des membres d'équipage à leur poste de travail.

- DORS/2019-11, art. 23

Instructions du constructeur

901.31 Il est interdit au pilote d'utiliser un système d'aéronef télépiloté, sauf conformément aux instructions du constructeur à cet égard.

- DORS/2019-11, art. 23

Commandes d'un système d'aéronef télépiloté

901.32 Il est interdit au pilote d'utiliser un système d'aéronef télépiloté autonome ou un autre système d'aéronef télépiloté s'il n'est pas en mesure de prendre immédiatement les commandes de l'aéronef.

- DORS/2019-11, art. 23

Décollage, lancement, approche, atterrissage et récupération

901.33 Avant le décollage, le lancement, l'approche, l'atterrissage ou la récupération, le pilote d'un aéronef télépiloté s'assure de ce qui suit :

- a) il n'y a pas de risque de collision avec un autre aéronef, une personne ou un obstacle;
- b) l'aire choisie pour le décollage, le lancement, l'atterrissage ou la récupération, le cas échéant, convient à l'opération prévue.

- DORS/2019-11, art. 23

Conditions météorologiques — conditions minimales

901.34 Il est interdit au pilote d'utiliser un système d'aéronef télépiloté à moins que les conditions météorologiques au moment du vol ne permettent :

- a) d'une part, au pilote de se conformer aux instructions du constructeur du système;
- b) d'autre part, au pilote et à tout observateur visuel d'effectuer la totalité du vol en visibilité directe.

- DORS/2019-11, art. 23

Givrage

901.35 (1) Il est interdit au pilote d'utiliser un système d'aéronef télépiloté lorsque des conditions de givrage sont observées, ont été signalées ou sont prévues sur le trajet du vol, à moins que l'aéronef ne soit muni d'équipement de dégivrage ou d'antigivrage et d'équipement permettant de détecter les conditions de givrage.

(2) Il est interdit au pilote d'utiliser un système d'aéronef télépiloté lorsque du givre, de la glace ou de la neige adhère à une partie quelconque de l'aéronef télépiloté.

- DORS/2019-11, art. 23

Vol de formation

901.36 Il est interdit au pilote d'utiliser un aéronef télépiloté en vol en formation avec un autre aéronef à moins qu'une entente préalable n'ait été conclue entre les pilotes des aéronefs en cause à l'égard du vol proposé.

- DORS/2019-11, art. 23

Interdiction — utilisation d'un véhicule, d'un navire ou d'un aéronef habité en mouvement

901.37 Il est interdit au pilote d'utiliser un aéronef télépiloté lorsqu'il utilise un véhicule, un navire en mouvement ou un aéronef habité.

- DORS/2019-11, art. 23

Dispositif de vue à la première personne

901.38 Il est interdit au pilote d'utiliser un système d'aéronef télépiloté à l'aide d'un dispositif de vue à la première personne à moins qu'un observateur visuel n'assure, pendant toute la durée du vol, les fonctions de détection et d'évitement à l'égard des aéronefs ou des autres dangers se trouvant à l'extérieur du champ de vision affiché sur le dispositif.

- DORS/2019-11, art. 23

Vol de nuit — exigences

901.39 (1) Il est interdit au pilote d'utiliser un système d'aéronef télépiloté pendant la nuit, à moins que celui-ci ne soit équipé des feux de position nécessaires pour le rendre visible au pilote, aux observateurs visuels et aux autres utilisateurs de l'espace aérien — qu'ils utilisent ou non des lunettes de vision nocturne — et que les feux sont allumés.

(2) Il est interdit au pilote d'utiliser un système d'aéronef télépiloté en utilisant des lunettes de vision nocturne à moins qu'elles ne permettent de détecter toute la lumière du spectre visuel ou que cette personne n'ait un autre moyen qui permette de le faire.

- DORS/2019-11, art. 23

Plusieurs aéronefs télépilotés

901.40 (1) Il est interdit au pilote d'utiliser plus d'un aéronef télépiloté simultanément à moins que le système ne soit conçu pour permettre de l'utiliser à partir du même poste de contrôle et qu'ils le soient conformément aux instructions du constructeur.

(2) Pour l'application du paragraphe (1), le pilote ne peut utiliser plus de cinq aéronefs télépilotés simultanément, sauf en conformité avec un certificat d'opérations aériennes spécialisées — SATP délivré en vertu de l'article 903.03.

- DORS/2019-11, art. 23

Manifestations aéronautiques spéciales ou événements annoncés

901.41 (1) Il est interdit au pilote d'utiliser un système d'aéronef télépiloté lors d'une manifestation aéronautique spéciale ou d'un événement annoncé, sauf en conformité avec un certificat d'opérations aériennes spécialisées — SATP délivré en vertu de l'article 903.03.

(2) Pour l'application du paragraphe (1), *événement annoncé* s'entend de tout événement en plein air qui est annoncé au grand public, notamment un concert, un festival, un marché ou un événement sportif.

- DORS/2019-11, art. 23

Transfert des responsabilités

901.42 Il est interdit au pilote de transférer ses responsabilités à un autre pilote pendant le vol à moins que, avant le décollage ou le lancement de l'aéronef télépiloté :

- a) d'une part, une entente préalable à l'égard du transfert ait été conclue entre les pilotes;
- b) d'autre part, une procédure ait été prévue pour atténuer les risques de perte de contrôle de l'aéronef.

- DORS/2019-11, art. 23

Charges utiles

901.43 (1) Sous réserve du paragraphe (2), il est interdit au pilote d'utiliser un système d'aéronef télépiloté si l'aéronef transporte une charge utile qui, selon le cas :

- a) comprend une matière explosive, corrosive, inflammable ou infectieuse;
- b) se compose d'armes, de munitions ou d'autres matériels conçus pour usage militaire;
- c) peut compromettre la sécurité aérienne ou causer des blessures à autrui;
- d) est rattachée à l'aéronef au moyen d'un câble, à moins qu'une telle opération ne soit effectuée conformément aux instructions du constructeur.

(2) Il est permis au pilote d'utiliser un système d'aéronef télépiloté lorsque l'aéronef transporte une charge utile visée au paragraphe (1) si cette opération est effectuée en conformité avec un certificat d'opérations aériennes spécialisées — SATP délivré en vertu de l'article 903.03.

- DORS/2019-11, art. 23

Système d'interruption de vol

901.44 Il est interdit au pilote d'un aéronef télépiloté muni d'un système d'interruption de vol de le déclencher si la sécurité aérienne ou la sécurité des personnes est compromise ou est susceptible de l'être.

- DORS/2019-11, art. 23

ELT

901.45 Il est interdit au pilote d'utiliser un aéronef télépiloté muni d'un ELT.

- DORS/2019-11, art. 23

Transpondeur et équipement de transmission automatique d'altitude-pression

901.46 (1) Sous réserve du paragraphe (2), il est interdit au pilote d'utiliser un système d'aéronef télépiloté lorsque l'aéronef se trouve dans l'espace aérien à utilisation de transpondeur visé à l'article 601.03, à moins que l'aéronef ne soit muni d'un transpondeur et de l'équipement de transmission automatique d'altitude-pression.

(2) L'unité de contrôle de la circulation aérienne peut autoriser le pilote à utiliser dans l'espace aérien visé à l'article 601.03 un aéronef télépiloté qui n'est pas muni du transpondeur ou de l'équipement visé au paragraphe (1), si les conditions suivantes sont réunies :

- a) l'unité de contrôle de la circulation aérienne fournit un service de contrôle de la circulation aérienne pour cet espace aérien;
- b) le pilote en a fait la demande à l'unité de contrôle de la circulation aérienne avant d'entrer dans l'espace aérien;
- c) la sécurité aérienne n'est pas susceptible d'être compromise.

- DORS/2019-11, art. 23

Utilisation à un aérodrome, un aéroport, un hélicoptère ou dans son voisinage

901.47 (1) Il est interdit au pilote d'utiliser un aéronef télépiloté à un aérodrome ou à proximité d'un aérodrome inscrit dans le *Supplément de vol — Canada* ou dans le *Supplément hydro aérodromes* d'une manière qui pourrait perturber la trajectoire d'un aéronef circulant dans le circuit de trafic établi.

(2) Sous réserve de l'article 901.73, il est interdit au pilote d'utiliser un aéronef télépiloté à une distance inférieure à :

- a) trois milles marins du centre d'un aéroport;
- b) un mille marin du centre d'un hélicoptère.

(3) Il est interdit au pilote d'utiliser un aéronef télépiloté à une distance inférieure à trois milles marins du centre d'un aérodrome exploité sous l'autorité du ministre de la Défense nationale, sauf en conformité avec un certificat d'opérations aériennes spécialisées — SATP délivré en vertu de l'article 903.03.

- DORS/2019-11, art. 23

Dossiers

901.48 (1) Le propriétaire d'un système d'aéronef télépiloté tient les dossiers suivants :

- a) un dossier contenant le nom des pilotes et des autres membres d'équipage qui participent à chaque vol et, à l'égard du système, le temps de chaque vol ou série de vols;
- b) un dossier contenant les détails sur les travaux relatifs aux mesures obligatoires et aux travaux de maintenance, les modifications et les réparations effectués sur le système, y compris :
 - (i) le nom des personnes qui les ont effectués,
 - (ii) la date à laquelle ils ont été effectués,
 - (iii) dans le cas d'une modification, le constructeur, le modèle et une description des pièces ou de l'équipement installés sur le système,
 - (iv) le cas échéant, toute instruction fournie pour réaliser les travaux.

(2) Il veille à ce que les dossiers visés au paragraphe (1) soient conservés pour les périodes ci-après après leur création et soient mis à la disposition du ministre sur demande de ce dernier :

- a) douze mois, dans le cas du dossier visé à l'alinéa (1)a);
- b) vingt-quatre mois, dans le cas du dossier visé à l'alinéa (1)b).

(3) S'il transfère la propriété du système à une autre personne, il est aussi tenu, au moment du transfert, de lui livrer tous les dossiers visés à l'alinéa (1)b).

- DORS/2019-11, art. 23

Mesures relatives aux incidents et accidents

901.49 (1) Le pilote qui utilise un système d'aéronef télépiloté cesse immédiatement de l'utiliser dès que l'un des incidents ou des accidents ci-après se produit, et ce, jusqu'à ce qu'une analyse soit faite pour en déterminer la cause et que des mesures correctives soient prises pour atténuer le risque qu'il se reproduise :

- a) toute blessure nécessitant des soins médicaux;
- b) tout contact entre l'aéronef et des personnes;
- c) tout dommage imprévu subi par la cellule, le poste de contrôle, la charge utile ou les liaisons de commande et de contrôle qui nuit aux performances ou aux caractéristiques de vol de l'aéronef;
- d) toute sortie de l'aéronef des limites horizontales et d'altitude prévues;
- e) toute collision ou risque de collision avec un autre aéronef;
- f) toute perte de contrôle, toute dérive ou toute disparition de l'aéronef;

- g) tout incident non visé aux alinéas a) à f) qui a fait l'objet d'un rapport de police ou d'un compte-rendu relatif au Système de compte rendu quotidien des événements de l'Aviation civile.

(2) Il conserve un relevé des analyses effectuées en vertu du paragraphe (1) pendant une période de douze mois après la date de sa création et le met à la disposition du ministre sur demande de ce dernier.

- DORS/2019-11, art. 23

[901.50 à 901.52 réservés]

Section IV — opérations de base

Application

901.53 La présente section s'applique à l'égard de l'utilisation des systèmes d'aéronefs télépilotes qui comprennent un petit aéronef télépilote et qui ne sont pas destinés aux opérations avancées visées aux alinéas 901.62a) à d).

- DORS/2019-11, art. 23

Exigence relative au pilote

901.54 (1) Sous réserve du paragraphe (2), il est interdit à toute personne d'utiliser un système d'aéronef télépilote en vertu de la présente section, à moins qu'elle ne respecte les exigences suivantes :

- a) elle est âgée d'au moins quatorze ans;
- b) elle est titulaire de l'un ou l'autre des documents suivants :
 - (i) un certificat de pilote — petit aéronef télépilote (VLOS) — opérations de base délivré en vertu de l'article 901.55,
 - (ii) un certificat de pilote — petit aéronef télépilote (VLOS) — opérations avancées délivré en vertu de l'article 901.64.

(2) Le paragraphe (1) ne s'applique pas à une personne âgée de moins de quatorze ans si l'utilisation du système d'aéronef télépilote est effectuée sous la supervision directe d'une personne âgée de quatorze ans ou plus qui peut utiliser un système d'aéronef télépilote en vertu de la présente section ou de la section V.

- DORS/2019-11, art. 23

Délivrance du certificat de pilote — petit aéronef télépilote (VLOS) — opérations de base

901.55 Le ministre délivre, sur demande, un certificat de pilote — petit aéronef télépilote (VLOS) — opérations de base, si le demandeur lui démontre, à la fois :

- a) qu'il est âgé d'au moins quatorze ans;
- b) qu'il a terminé avec succès l'examen « Systèmes d'aéronefs télépilotes – opérations de base », qui est basé sur la norme intitulée *Connaissances exigées pour les pilotes de systèmes d'aéronefs télépilotes de 250 g à 25 kg inclusivement, utilisés en visibilité directe (VLOS)*, TP 15263, publiée par le ministre et qui traite des sujets prévus à l'article 921.01 de la norme 921 – *Petits aéronefs télépilotes en visibilité directe (VLOS)*.

- DORS/2019-11, art. 23

Mise à jour des connaissances

901.56 (1) Il est interdit au détenteur d'un certificat de pilote — petit aéronef télépilote (VLOS) — opérations de base ou d'un certificat de pilote — petit aéronef télépilote (VLOS) — opérations avancées d'utiliser un système d'aéronef télépilote en vertu de la présente section à moins que, dans les vingt-quatre mois précédant le vol, selon le cas :

- a) un certificat de pilote — petit aéronef télépilote (VLOS) — opérations de base lui a été délivré en vertu de l'article 901.55 ou un certificat de pilote — petit aéronef télépilote (VLOS) — opérations avancées lui a été délivré en vertu de l'article 901.64;
- b) il a terminé avec succès :
 - (i) soit l'un ou l'autre des examens visés aux alinéas 901.55b) et 901.64b),
 - (ii) soit la révision en vol visée à l'alinéa 901.64c),
 - (iii) soit l'une des activités de mise à jour des connaissances prévues à l'article 921.04 de la norme 921 – *Petits aéronefs télépilotes en visibilité directe (VLOS)*.

(2) La personne visée au paragraphe (1) conserve un relevé des activités visées à l'alinéa (1)b) pendant vingt-quatre mois après la date à laquelle elle les a terminées, lequel mentionne notamment la date à laquelle elle les a terminées.

- DORS/2019-11, art. 23

Accessibilité au certificat et aux relevés

901.57 Il est interdit au pilote d'utiliser un système d'aéronef télépilote en vertu de la présente section à moins que les documents ci-après ne lui soient facilement accessibles pendant l'utilisation du système :

- a) le certificat de pilote — petit aéronef télépilote (VLOS) — opérations de base délivré en vertu de l'article 901.55 ou le certificat de pilote — petit aéronef télépilote (VLOS) — opérations avancées délivré en vertu de l'article 901.64;

- b) un document démontrant que le pilote respecte les exigences relatives à la mise à jour des connaissances prévue à l'article 901.56.

- DORS/2019-11, art. 23

Règles relatives aux examens

901.58 Il est interdit, relativement à tout examen tenu en vertu de la présente section :

- a) de copier ou d'enlever d'un endroit le texte de l'examen ou toute partie de celui-ci;
- b) d'aider quiconque ou d'accepter de l'aide de quiconque pendant l'examen;
- c) de subir l'examen ou toute partie de celui-ci pour le compte d'une autre personne.

- DORS/2019-11, art. 23

Reprise d'un examen ou d'une révision en vol

901.59 La personne qui échoue à un examen ou à une révision en vol tenus en vertu de la présente section n'est pas admissible à une reprise pendant les vingt-quatre heures qui suivent l'examen ou la révision.

- DORS/2019-11, art. 23

[901.60 et 901.61 réservés]

Section V — opérations avancées

Application

901.62 La présente section s'applique aux systèmes d'aéronefs télépilotés qui comprennent un petit aéronef télépiloté et qui sont destinés à être utilisés, selon le cas :

- a) dans l'espace aérien contrôlé, conformément à l'alinéa 901.69(1)a) et aux articles 901.71 et 901.72;
- b) à une distance de moins de 100 pieds (30 m) mais d'au moins 16,4 pieds (5 m), mesurée horizontalement et à n'importe quelle altitude, d'une personne, à l'exception d'un membre d'équipage ou d'une autre personne participant à l'utilisation, conformément à l'alinéa 901.69(1)b);
- c) à une distance de moins de 16,4 pieds (5 m), mesurée horizontalement et à n'importe quelle altitude, d'une personne, conformément à l'alinéa 901.69(1)c);
- d) à une distance inférieure à trois milles marins du centre d'un aéroport ou à un mille marin d'un hélicoptère, conformément à l'article 901.73.

- DORS/2019-11, art. 23

Exigence relative au pilote

901.63 (1) Sous réserve du paragraphe (2), il est interdit à toute personne d'utiliser un système d'aéronef télépiloté en vertu de la présente section à moins qu'elle ne respecte les exigences suivantes :

- a) elle est âgée d'au moins seize ans;
- b) elle est titulaire d'un certificat de pilote — petit aéronef télépiloté (VLOS) — opérations avancées délivré en vertu de l'article 901.64.

(2) Le paragraphe (1) ne s'applique pas dans les cas suivants :

- a) la personne est âgée de moins de seize ans si l'utilisation du système d'aéronef télépiloté est effectuée sous la supervision directe d'une personne âgée de seize ans ou plus qui peut utiliser un système d'aéronef télépiloté en vertu de la présente section;
- b) la personne utilise le système dans le cadre d'une révision en vol effectuée en vue de satisfaire l'exigence prévue à l'alinéa 901.64c).

- DORS/2019-11, art. 23

Délivrance du certificat de pilote — petit aéronef télépiloté (VLOS) — opérations avancées

901.64 Le ministre délivre, sur demande, un certificat de pilote — petit aéronef télépiloté (VLOS) — avancées, si le demandeur lui démontre, à la fois :

- a) qu'il est âgé d'au moins seize ans;
- b) qu'il a terminé avec succès l'examen « Systèmes d'aéronefs télépilotés – opérations avancées », qui est basé sur la norme intitulée *Connaissances exigées pour les pilotes de systèmes d'aéronefs télépilotés de 250 g à 25 kg inclusivement, utilisés en visibilité directe (VLOS)*, TP 15263, publiée par le ministre et qui traite des sujets prévus à l'article 921.02 de la norme 921 – *Petits aéronefs télépilotés en visibilité directe (VLOS)*;
- c) qu'il a terminé avec succès, dans les douze mois qui précèdent la demande, une révision en vol conformément à l'article 921.02 de la norme 921 – *Petits aéronefs télépilotés en visibilité directe (VLOS)* effectuée par une personne qualifiée pour effectuer une révision en vol en vertu de l'article 901.82.

- DORS/2019-11, art. 23

Mise à jour des connaissances

901.65 (1) Il est interdit au détenteur du certificat de pilote — petit aéronef télépiloté (VLOS) — opérations avancées d'utiliser un système d'aéronef télépiloté en vertu de la présente section à moins que, dans les vingt-quatre mois précédant le vol, selon le cas :

- a) un certificat de pilote — petit aéronef télépiloté (VLOS) — opérations avancées lui ait délivré en vertu de l'article 901.64;
- b) elle ait terminé avec succès :
 - (i) soit l'un ou l'autre des examens visés aux alinéas 901.55b) et 901.64b),
 - (ii) soit la révision en vol visée à l'alinéa 901.64c),
 - (iii) soit l'une des activités de mise à jour des connaissances prévues à l'article 921.04 de la norme 921 – *Petits aéronefs télépilotés en visibilité directe (VLOS)*.

(2) La personne visée au paragraphe (1) conserve un relevé des activités visées à l'alinéa (1)b) pendant vingt-quatre mois après la date à laquelle elle les a terminées, lequel mentionne notamment la date à laquelle elle les a terminées.

- DORS/2019-11, art. 23

Accessibilité au certificat et aux relevés

901.66 Il est interdit au pilote d'utiliser un système d'aéronef télépiloté en vertu de la présente section à moins que les documents ci-après ne soient facilement accessibles pendant l'utilisation du système :

- a) le certificat de pilote — petit aéronef télépiloté (VLOS) — opérations avancées délivré en vertu de l'article 901.64;
- b) un document démontrant que le pilote respecte les exigences relatives à la mise à jour des connaissances prévues à l'article 901.65.

- DORS/2019-11, art. 23

Règles relatives aux examens

901.67 Les actes visés aux alinéas 901.58a) à c) sont interdits relativement à tout examen tenu en vertu de la présente section.

- DORS/2019-11, art. 23

Reprise d'un examen ou d'une révision en vol

901.68 La personne qui échoue à un examen ou à une révision en vol tenus en vertu de la présente section est inadmissible à une reprise dans les vingt-quatre heures qui suivent l'examen ou la révision.

- DORS/2019-11, art. 23

Déclaration du constructeur — opérations permises

901.69 (1) Sous réserve du paragraphe (2), il est interdit au pilote d'utiliser un système d'aéronef télépiloté en vertu de la présente section pour effectuer l'une ou l'autre des opérations ci-après sauf si le modèle du système fait l'objet d'une déclaration présentée en vertu de l'article 901.76 et que le certificat d'immatriculation délivré à l'égard de l'aéronef ne mentionne les opérations qui font l'objet de cette déclaration :

- a) l'utilisation dans l'espace aérien contrôlé;
- b) l'utilisation à une distance de moins de 100 pieds (30 m) mais d'au moins 16,4 pieds (5 m), mesurée horizontalement et à n'importe quelle altitude, d'une personne, à l'exception d'un membre d'équipage ou d'une autre personne participant à l'utilisation;
- c) l'utilisation à une distance de moins de 16,4 pieds (5 m), mesurée horizontalement et à n'importe quelle altitude, d'une personne.

(2) Il est permis au pilote d'utiliser un système d'aéronef télépiloté en vertu de la présente section pour effectuer l'une ou l'autre des opérations visées aux alinéas (1)a) et b) si, avant le 1^{er} avril 2019, le ministre a déterminé que le modèle du système est conforme aux exigences prévues à l'*Annexe C — critères de conformité de la conception d'un petit UAV*, de l'Instruction visant le personnel (IP) n° 623-001, publiée le 19 novembre 2014 par le ministre.

- DORS/2019-11, art. 23

Utilisation d'un système d'aéronef télépiloté modifié

901.70 Si une déclaration est présentée en vertu de l'article 901.76 à l'égard d'un modèle de système d'aéronef télépiloté destiné à l'une des opérations visées au paragraphe 901.69(1), il est interdit au pilote d'effectuer celle-ci au moyen d'un système du même modèle qui a été modifié de quelque manière que ce soit, à moins que :

- a) d'une part, le pilote est en mesure de démontrer au ministre que, malgré la modification, le système est toujours conforme aux exigences techniques de la norme 922 — *Assurance de la sécurité des SATP* à l'égard des opérations visées au paragraphe 901.69(1) pour laquelle la déclaration a été présentée;

- b) d'autre part, la modification ait été effectuée conformément aux instructions du constructeur des pièces ou de l'équipement utilisés pour modifier le système, le cas échéant.

- DORS/2019-11, art. 23

Utilisation dans un espace aérien contrôlé

901.71 (1) Il est interdit au pilote d'utiliser un aéronef télépiloté en vertu de la présente section dans un espace aérien contrôlé à moins que les renseignements ci-après n'aient été fournis au fournisseur de services de la circulation aérienne responsable de la région d'exploitation et qu'il n'ait obtenu l'autorisation de celui-ci :

- a) la date, l'heure et la durée de l'utilisation;
- b) la catégorie, le numéro d'immatriculation et les caractéristiques physiques de l'aéronef;
- c) les limites verticales et horizontales de la région d'exploitation;
- d) le trajet de vol utilisé pour atteindre la région d'exploitation;
- e) la proximité de la région d'exploitation aux approches et aux départs d'aéronefs habités et des circuits de circulation suivis par ceux-ci;
- f) les moyens utilisés pour assurer une communication bilatérale avec l'unité de services de la circulation aérienne compétente;
- g) le nom, les coordonnées et le numéro de certificat de tout pilote de l'aéronef;
- h) les procédures et les profils de vol à suivre en cas de perte de liaison de commande et de contrôle;
- i) les procédures à suivre en cas d'urgence;
- j) le processus et le temps nécessaire pour interrompre l'utilisation;
- k) tout autre renseignement exigé par le fournisseur de services de la circulation aérienne qui est nécessaire à la gestion de la circulation aérienne.

(2) Malgré l'article 901.25, il est permis au pilote d'utiliser un aéronef télépiloté dans un espace aérien contrôlé en vertu de la présente section, à une altitude supérieure à l'une des altitudes visées au même article, s'il obtient une autorisation à cet effet du fournisseur de services de la circulation aérienne responsable de la région d'exploitation.

- DORS/2019-11, art. 23

Conformité avec les instructions du contrôle de la circulation aérienne

901.72 Le pilote d'un aéronef télépiloté utilisé dans un espace aérien contrôlé en vertu de la présente section est tenu de se conformer à toutes les instructions du contrôle de la circulation aérienne qui lui sont destinées.

- DORS/2019-11, art. 23

Activités dans le voisinage d'un aéroport ou d'un hélicoptère — procédures établies

901.73 Il est interdit au pilote d'utiliser un système d'aéronef télépiloté en vertu de la présente section lorsque l'aéronef se trouve à une distance inférieure à trois milles marins du centre d'un aéroport ou inférieure à un mille marin d'un hélicoptère, à moins que l'utilisation ne soit menée conformément à la procédure établie relativement à l'utilisation des systèmes d'aéronefs télépilotés applicable à cet aéroport ou à cet hélicoptère.

- DORS/2019-11, art. 23

[901.74 et 901.75 réservés]

Section VI — opérations avancées — exigences relatives au constructeur

Déclaration du constructeur

901.76 (1) Le constructeur présente au ministre une déclaration conforme au paragraphe (2) pour tout modèle de système d'aéronef télépiloté qu'il construit et qui est destiné à toute opération visée au paragraphe 901.69(1), à l'exception du modèle visé au paragraphe 901.69(2) et qui est destiné aux opérations visées au même paragraphe.

(2) La déclaration du constructeur, à la fois :

- a) précise le constructeur du système d'aéronef télépiloté, le modèle du système, la masse maximale au décollage de l'aéronef, toute opération visée au paragraphe 901.69(1) à laquelle l'aéronef est destiné et la catégorie d'aéronef, notamment s'il s'agit d'un aéronef à voilure fixe, d'un aéronef à voilure tournante, d'un aéronef hybride ou d'un aéronef plus léger que l'air;
- b) indique que le constructeur :
 - (i) d'une part, déclare respecter les exigences relatives à la documentation prévues à l'article 901.78,
 - (ii) d'autre part, a vérifié que le modèle de système est conforme aux exigences techniques prévues à la norme 922 — *Assurance de la sécurité des SATP*, à l'égard de toute opération visée au paragraphe 901.69(1) pour laquelle la déclaration a été présentée.

(3) Les circonstances suivantes entraînent l'invalidité de la déclaration du constructeur :

- a) le ministre détermine que le modèle de système d'aéronef télépiloté n'est pas conforme aux exigences techniques de la norme visée au sous-alinéa (2)b) (ii);
- b) le constructeur avise le ministre d'un problème relatif à la conception du modèle en vertu de l'article 901.77.

- DORS/2019-11, art. 23

Avis au ministre

901.77 Le constructeur qui a présenté au ministre une déclaration en vertu de l'article 901.76 avise ce dernier de tout problème relatif à la conception du modèle de système d'aéronef télépiloté qui fait en sorte que le système ne respecte plus les exigences techniques de la norme visée au sous-alinéa 901.76(2)b)(ii) dès que possible après avoir identifié le problème.

- DORS/2019-11, art. 23

Documentation

901.78 Le constructeur qui a présenté au ministre une déclaration à l'égard d'un modèle de système d'aéronef télépiloté en vertu de l'article 901.76 met à la disposition de tout propriétaire de celui-ci :

- a) un programme de maintenance qui comprend :
 - (i) des instructions relatives à la maintenance et à l'entretien courant du système,
 - (ii) un programme d'inspection visant le maintien de l'état de préparation du système;
- b) les mesures obligatoires qu'il publie à l'égard du système;
- c) un manuel d'utilisation du système d'aéronef télépiloté qui comprend :
 - (i) une description du système,
 - (ii) les plages de poids et de centres de gravité qui délimitent l'utilisation du système en toute sécurité dans des conditions normales et en situation d'urgence et, dans le cas où une combinaison de poids et de centre de gravité est considérée comme étant sécuritaire uniquement en respectant certaines limites de charge, les limites, le poids et le centre de gravité correspondants,
 - (iii) à l'égard de chaque phase de vol et mode de fonctionnement, les altitudes et vitesses minimales et maximales en vertu desquelles l'aéronef peut être utilisé en toute sécurité dans des conditions normales et en situation d'urgence,
 - (iv) une description des effets de toute condition météorologique ou autre condition environnementale qui a une incidence sur le rendement du système et du pilote,
 - (v) les caractéristiques du système qui peuvent causer des blessures graves aux membres de l'équipage du système durant l'utilisation en situation normale,

- (vi) les caractéristiques de conception du système qui sont destinées à protéger contre les blessures les personnes qui ne participent pas à l'utilisation, ainsi que les utilisations qui s'y rattachent,
- (vii) les avertissements qui sont donnés au pilote dans les cas de dégradation des performances du système qui entraînent des conditions d'utilisation non sécuritaires,
- (viii) les procédures d'utilisation du système dans des conditions normales et d'urgence,
- (ix) des instructions d'assemblage et d'ajustement du système.

- DORS/2019-11, art. 23

Tenue de dossiers

901.79 (1) Le constructeur qui a présenté au ministre une déclaration à l'égard d'un modèle de système d'aéronef télépiloté en vertu de l'article 901.76 conserve et, à la demande du ministre, met à la disposition de ce dernier :

- a) d'une part, un registre à jour des mesures obligatoires à l'égard du système;
- b) d'autre part, un registre à jour des résultats — et les rapports afférents — des vérifications que le constructeur a effectuées pour s'assurer que le modèle de système respecte les exigences techniques de la norme visée au sous-alinéa 901.76(2)b)(ii) à l'égard des opérations pour lesquelles la déclaration a été présentée.

(2) Le constructeur conserve les dossiers visés au paragraphe (1) pendant la plus longue des périodes suivantes :

- a) deux ans après la date de la fin définitive de la production du modèle du système d'aéronef télépiloté;
- b) la durée de vie de l'aéronef télépiloté qui fait partie du modèle du système d'aéronef télépiloté visé à l'alinéa a).

- DORS/2019-11, art. 23

[901.80 et 901.81 réservés]

Section VII — exigences relatives à la révision en vol

Interdiction — évaluateur de vol

901.82 Il est interdit à toute personne d'exercer des fonctions d'évaluateur de vol pour l'application du sous-alinéa 901.56(1)b)(ii), de l'alinéa 901.64c) ou du sous-alinéa 901.65(1)b)(ii) à moins :

- a) d'une part, de détenir un certificat de pilote — petit aéronef télépiloté (VLOS) — opérations avancées annoté des qualifications d'évaluateur de vol en application de l'article 901.83;
- b) d'autre part, d'être en mesure de démontrer son affiliation avec un fournisseur de formation qui a présenté au ministre une déclaration conforme aux exigences de l'article 921.05 de la norme 921 – *Petits aéronefs télépilotés en visibilité directe (VLOS)*.

- DORS/2019-11, art. 23

Qualifications d'évaluateur de vol

901.83 Le ministre annote, sur demande, des qualifications d'évaluateur de vol sur le certificat de pilote du demandeur si ce dernier lui démontre que, à la fois :

- a) il est âgé d'au moins dix-huit ans;
- b) il est titulaire d'un certificat de pilote — petit aéronef télépiloté (VLOS) — opérations avancées délivré en vertu de l'article 901.64 et respecte les exigences de mise à jour des connaissances prévues à l'article 901.65;
- c) il a été titulaire du certificat visé à l'alinéa b) pendant au moins six mois immédiatement avant la date de la demande;
- d) il a terminé avec succès l'examen « Systèmes d'aéronefs télépilotés – évaluateurs de vol », qui est basé sur la norme intitulée *Connaissances exigées pour les pilotes de systèmes d'aéronefs télépilotés de 250 g à 25 kg inclusivement, utilisés en visibilité directe (VLOS)*, TP 15263, publiée par le ministre et qui traite des sujets prévus à l'article 921.03 de la norme 921 – *Petits aéronefs télépilotés en visibilité directe (VLOS)*.

- DORS/2019-11, art. 23

Règles relatives à l'examen

901.84 Il est interdit d'accomplir les actes visés aux alinéas 901.58a) à c) relativement à l'examen tenu en vertu de l'alinéa 901.83d).

- DORS/2019-11, art. 23

Reprise de l'examen

901.85 La personne qui échoue à l'examen tenu en vertu de l'alinéa 901.83d) ne peut le reprendre dans les vingt-quatre heures qui suivent.

- DORS/2019-11, art. 23

Exigence — fournisseurs de formation

901.86 Le fournisseur de formation qui a présenté au ministre la déclaration visée à l’alinéa 901.82(1)b) doit, à la fois :

- a) soumettre au ministre le nom de toute personne qui lui est affiliée et qui se propose d’exercer des fonctions d’évaluateur de vol;
- b) veiller à ce que la personne visée à l’alinéa a) effectue les révisions en vol conformément à l’article 901.87;
- c) si cette personne cesse de lui être affiliée, en aviser le ministre dans les sept jours suivant la date à laquelle se termine son affiliation.

- DORS/2019-11, art. 23

Conduite des révisions en vol

901.87 Il est interdit d’effectuer une révision en vol pour l’application du sous-alinéa 901.56(1)b)(ii), de l’alinéa 901.64c) ou du sous-alinéa 901.65(1)b)(ii), sauf conformément aux exigences de l’article 921.06 de la norme 921 – *Petits aéronefs télépilotés en visibilité directe (VLOS)*.

- DORS/2019-11, art. 23

Sous-partie 2 — [Réservée]

Sous-partie 3 — opérations aériennes spécialisées — systèmes d’aéronefs télépilotés

Interdiction

903.01 Il est interdit d’effectuer l’une des opérations ci-après au moyen d’un système d’aéronef télépiloté comprenant un aéronef télépiloté dont la masse maximale au décollage est de 250 g (0,55 livre) ou plus à moins de se conformer aux dispositions d’un certificat d’opérations aériennes spécialisées — SATP délivré par le ministre en vertu de l’article 903.03 :

- a) l’utilisation d’un système comprenant un aéronef dont la masse maximale au décollage est de plus de 25 kg (55 livres);
- b) l’utilisation d’un système au-delà de la visibilité directe, selon ce que prévoit le paragraphe 901.11(2);
- c) l’utilisation d’un système par un exploitant ou un pilote étranger qui a été autorisé à l’utiliser dans son propre État;

- d) l'utilisation d'un aéronef télépiloté à une altitude supérieure à l'une des altitudes visées au paragraphe 901.25(1), à moins qu'une telle utilisation ne soit autorisée en vertu du paragraphe 901.71(2);
- e) l'utilisation simultanée de plus de cinq aéronefs télépilotés à partir du même poste de contrôle, selon ce que prévoit le paragraphe 901.40(2);
- f) l'utilisation d'un système lors d'une manifestation aéronautique spéciale ou d'un événement annoncé, selon ce que prévoit l'article 901.41;
- g) l'utilisation d'un système lorsque l'aéronef transporte l'une ou l'autre des charges utiles visées au paragraphe 901.43(1);
- h) l'utilisation d'un aéronef télépiloté à moins de trois milles marins du centre d'un aéroport exploité sous l'autorité du ministre de la Défense nationale, visée au paragraphe 901.47(3);
- i) toute autre utilisation d'un système pour laquelle le ministre détermine qu'un certificat d'opérations aériennes spécialisées — SATP est nécessaire pour assurer la sécurité aérienne et la sécurité des personnes.

- DORS/2019-11, art. 23

Demande de certificat d'opérations aériennes spécialisées — SATP

903.02 La personne qui se propose d'utiliser un système d'aéronef télépiloté pour effectuer l'une des opérations prévues à l'article 903.01 est tenue de présenter une demande au ministre, au moins trente jours avant l'utilisation proposée, et de fournir les renseignements suivants :

- a) la dénomination sociale, le nom commercial, l'adresse et les coordonnées du demandeur;
- b) le moyen de contact direct de la personne responsable des opérations ou du pilote pendant l'opération;
- c) l'opération faisant l'objet de la demande;
- d) les objectifs de l'opération;
- e) les dates, les dates de remplacement et l'heure de l'opération;
- f) le constructeur, le modèle du système, y compris un plan trois-vues et des photographies de l'aéronef ainsi qu'une description complète de celui-ci, y compris des renseignements sur son rendement, ses limites d'utilisation et son équipement;
- g) une description du plan de sécurité pour la région d'exploitation proposée;
- h) une description du plan des mesures d'urgence pour l'opération;
- i) un plan détaillé décrivant le déroulement de l'opération;

- j) les noms, certificats, licences, permis et qualifications des membres de l'équipage, notamment des pilotes et des observateurs visuels, et du personnel de maintenance du système;
- k) les instructions relatives à la maintenance du système et une description de la façon dont celle-ci sera effectuée;
- l) une description des minimums météorologiques pour l'opération;
- m) une description des capacités et des procédures d'espacement et d'évitement d'abordage;
- n) une description des procédures normales et d'urgence pour l'opération;
- o) une description de la coordination assurée avec les fournisseurs de services de circulation aérienne, s'il y a lieu;
- p) tout autre renseignement que le ministre exige relativement à la conduite sécuritaire de l'opération.

- DORS/2019-11, art. 23

Délivrance du certificat d'opérations aériennes spécialisées — SATP

903.03 Sur réception de la demande présentée en conformité avec l'article 903.02, le ministre délivre un certificat d'opérations aériennes spécialisées — SATP, si le demandeur lui a démontré qu'il était en mesure d'effectuer l'opération proposée sans compromettre la sécurité aérienne et la sécurité des personnes.

- DORS/2019-11, art. 23

Annexe 2 : Questions du sondage

Contexte du sondage		
1	Nom et prénom du répondant	Réponse ouverte
2	Service/bureau/unité	Réponse ouverte

Les drones dans votre service		
3	Votre service envisage-t-il l'utilisation d'un drone dans le cadre de ses activités ?	Oui
		Non
		Ne sais pas
4	Votre service a-t-il entamé des démarches pour se procurer un drone?	Oui
		Non
		Ne sais pas
5	Votre service a-t-il déjà eu recours à un drone?	Oui, notre service possède un ou plusieurs drones opérés à l'interne
		Oui, en louant un drone mais en l'opérant nous-même
		Oui, en faisant appel à une firme spécialisée
		Non
		Ne sais pas
6	Si oui à la question précédente, à quelle fréquence annuellement ?	Réponse ouverte
7	Pour quel type d'activité et/ou opération?	Réponse ouverte

Besoins de votre service		
8		Cartographie

	<p>Quels sont les types d'activités/opérations pour lesquelles votre service envisage l'utilisation d'un drone? (plusieurs choix possibles)</p>	Modélisation 3D
		Inspection de grand ouvrage
		Inspection d'édifice/bâtiment
		Inspection (précisez dans autre)
		Suivi milieux forestier
		Suivi milieux agricole/plan
		Suivi milieux mixte
		Suivi (précisez dans autre)
		Épandage (précisez dans autre)
		Calcul volumétrique
		Indice basé sur bande rouge et NIR
		Indice basé sur autre bandes que/avec rouge et NIR
		Inspection RGB
		Inspection vidéo
		Inspection IR thermique
		Livraison d'article paramédical
		Livraison d'article/outil (utilisation interne)
	Livraison d'article/outil (public)	
	Livraison de courrier	
	Autre (veuillez préciser)	
9	<p>Quel serait le type de drone le mieux adapté à vos besoins (plusieurs choix possibles)?</p>	Type avion (voilure fixe)
		Multicoptère (voilure tournante)
		Mixte
		Ne sais pas
10		Vidéo

	Quel serait le type de capteur (charge utile) le mieux adapté à vos besoins? (plusieurs choix possibles)	RGB (photo couleurs)
		NIR (proche infrarouge)
		IR (thermique)
		Multispectral
		Hyperspectral
		LIDAR
		Ne sais pas
		Autre (veuillez préciser)
11	Quel serait le type de milieu usuel d'utilisation d'un drone par votre service? (plusieurs choix possibles)	Milieus naturels
		Milieu urbain
		Littoral
		Infrastructure (pont, viaduc, édifice, etc.)
		Survol de foule
		Réseau routier
		Milieu industriel/commercial
		Espaces intérieurs
		Ne sais pas
	Autre (veuillez préciser)	
12	À quelle fréquence votre service aurait besoin d'opérer un drone?	Journalière
		Hebdomadaire
		Mensuelle
		Trimestrielle
		Très occasionnellement (1 à 2 fois par an)
		Ne sais pas
13		Oui

	Y-a-t-il un élément de réglementation actuelle qui favorise l'usage d'un drone par votre service?	Non
		Ne sais pas
		Si oui, veuillez préciser
14	Votre service a-t-il déjà prévu un budget alloué à l'acquisition et/ou l'opération d'un drone?	Oui
		Non
		Ne sais pas
15	Connaissez-vous d'autres organisations municipales qui ont intégré (ou envisagent) les drones à leurs opérations?	Oui
		Non
		Si oui, veuillez préciser

Relations avec le domaine aéronautique		
16	Avez-vous, parmi vos collaborateurs dans le service (vous y compris), des personnes qui ont travaillé dans le domaine de l'aéronautique?	Oui
		Non
		Ne sais pas
		Si oui, veuillez préciser (le ou les noms)
17	Avez-vous, parmi vos collaborateurs dans le service (vous y compris), des personnes qui ont piloté ou pilotent des drones?	Oui
		Non
		Ne sais pas
		Si oui, veuillez préciser (le ou les noms)
18	Avez-vous, parmi vos collaborateurs dans le service (vous y compris), des personnes qui détiennent une licence de pilote (avion, hélicoptère ou drones)?	Oui
		Non
		Ne sais pas
		Si oui, veuillez préciser (le ou les noms)

Connaissances générales relatives à l'opération d'un drone		
19		Extincteur

	<p>Quels ont les équipements afférant aux opérations?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Obligatoire • Nécessaire • Souhaité • Inutile • Ne sais pas 	<p>Document de vol (checklist, cartes, CFS)</p> <p>Équipement de marquage</p> <p>Booster d'antenne</p> <p>Affiches et placardage</p> <p>Trousse de premiers soins</p> <p>Radio UHF</p> <p>Walkie-talkie</p> <p>Registres règlementaires (pilote, vol, maintenance...)</p> <p>GPS</p> <p>Balayeur de fréquence</p> <p>Tablette / téléphone</p> <p>Ordinateur</p> <p>Station sol</p> <p>Source d'énergie électrique</p>
20	<p>Qualifiez les composantes suivantes en termes d'importance dans la gestion des opérations des drones.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ne sais pas • Très important • Important • Moins important • Pas du tout important • Ne se prononce pas 	<p>Performance, efficacité</p> <p>Vie privée</p> <p>Sécurité</p> <p>Coût opérationnel</p>
21	<p>Quelle est la composition d'équipage nécessaire pour la conduite d'un vol de drone respectueux de la réglementation?</p>	<p>Pilote seul</p> <p>Pilote + observateur + responsable des opérations</p> <p>Pilote + observateur + représentant de la Ville</p>

		Pilote + autant d'observateurs et de personnes que nécessite l'opération
		Pilote + opérateur de charge utile + observateur
		Ne sais pas

Quizz		
22	Peut-on survoler par drone un terrain privé sans autorisation du propriétaire?	Oui
		Non
		Ne sais pas
		(Commentaires?)
23	Peut-on survoler une foule par drone de 35 kilos?	Oui
		Non
		Ne sais pas
		(Commentaires?)
24	Peut-on opérer un drone au-delà de la ligne d'observation directe en utilisant des lunettes de vue à la 1ère personne (vision subjective) ?	Oui
		Non
		Ne sais pas
		(Commentaires?)
25	Peut-on opérer un drone de 300 grammes sans licence de pilote de drone?	Oui
		Non
		Ne sais pas
		(Commentaires?)
26	Peut-on survoler une foule par drone à l'intérieur 'un bâtiment?	Oui
		Non
		Ne sais pas
		(Commentaires?)

