

# Etude sur l'opportunité d'acquérir un drone de haute précision pour l'administration cantonale genevoise



**Armelle Hausser**

Certification complémentaire en géomatique

Août 2017

**Direction de la mensuration officielle**

Vincent Galley

Geoffrey Cornette

Laurent Niggeler

**Université de Genève**

Hy Dao

Pablo De Roulet



## Résumé

Ce mémoire étudie les possibilités pour l'administration cantonale genevoise d'investir dans un drone de haute précision. Il se développe en quatre axes de recherche principaux : analyser les contraintes légales et les procédures d'autorisation de vol sur le territoire genevois ; prospecter les besoins des services de l'administration genevoise ou des partenaires du SITG ; évaluer les technologies de drone du marché permettant d'atteindre les précisions demandées ; estimer les coûts financiers et organisationnels.

## Abstract

This study examines the possibilities for the cantonal administration of Geneva to buy a high-precision drone. Four main research axes are explored: analyzing legal constraints and flight authorization procedures; prospecting the needs of the departments of the Geneva State and SITG partners; evaluating the drone technologies available on the market allowing to reach the requested precisions; estimating the financial and organizational costs.

## Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier mon directeur de mémoire, Hy Dao, pour les conseils et les discussions tout au long de ce travail. Ainsi que Pablo De Roulet, son doctorant, pour avoir accepté de faire partie du jury.

Un grand merci va également à la Direction de la mensuration officielle du canton de Genève et plus spécialement à Laurent Niggeler, Geoffrey Cornette et Vincent Galley pour leur encadrement et soutien. Je tiens également à remercier toute l'équipe de la DMO qui m'a accueillie et offert un cadre de travail très agréable.

Finalement, je souhaite remercier toutes les personnes qui ont accepté de participer à cette étude, de prendre le temps de partager leurs expériences, leurs souhaits et leurs visions pour l'avenir.

# Table des matières

---

Table des matières.....	4
1. Introduction .....	9
1.1. Présentation de la DMO et SITG.....	9
1.2. Problématique.....	10
1.3. Méthodologie.....	10
2. Les drones .....	12
2.1. Les capteurs.....	12
2.2. Outils de mesure embarqués .....	13
2.3. Orthophoto .....	13
2.4. Photogrammétrie.....	14
2.5. Télédétection.....	14
2.6. Nuage de points .....	14
3. Les bases légales et les procédures d'autorisation de vol sur le territoire genevois.....	15
3.1. La législation .....	15
3.2. Les demandes d'autorisation pour voler sur le canton de Genève.....	22
3.3. Actualités, perspectives et recommandations sur les bases légales et les réglementations .....	23
4. Les besoins des services de l'administration cantonale.....	26
4.1. Enquête.....	26
4.2. Besoins précisés et retour sur les entretiens .....	29
4.3. Conclusion .....	37
5. Le choix du matériel .....	38
5.1. Quel drone pour répondre aux besoins ? .....	38
5.2. Quel logiciel pour le traitement des données ?.....	44
6. Propositions et scénarios .....	45
6.1. Propositions .....	45
6.2. Scénarios .....	47
6.3. La saisie des données par drone : un service privé ou public ?.....	49
7. Conclusion, critiques et perspectives de l'étude .....	50
8. Réflexion sur le déroulement du stage .....	52
9. Bibliographie .....	53
10. Annexes.....	60
10.1. Attestation d'assurance responsabilité civile .....	60
10.2. Extrait du communiqué de presse du Conseil d'Etat .....	61
10.3. Procédure d'autorisation de vol auprès de la police cantonale genevoise.....	62

10.4.	Eléments de l'entretien avec la police cantonale.....	63
10.5.	Premier questionnaire.....	64
10.6.	Résultats premier questionnaire .....	66
10.7.	Deuxième questionnaire .....	67
10.8.	Synthèse des entretiens .....	71
10.9.	Rencontre avec les bureaux privés .....	85
10.10.	Etapes d'une mission.....	86
10.11.	Logiciels de traitement des images drones .....	87
10.12.	Base de données.....	90
10.13.	Descriptif des coûts financiers pour drone grand public ou drone professionnel .	91

# Table des figures

---

Figure 1 : Organigramme du SITG (source : <a href="http://ge.ch/sitg/le-sitg/organisation">http://ge.ch/sitg/le-sitg/organisation</a> ) .....	10
Figure 2: Voilure fixe - SenseFly (à gauche), multirotors - DJI (à droite) .....	12
Figure 3 : Capteur multispectral de SenseFly .....	12
Figure 4: Indice de végétation .....	12
Figure 5: GPS différentiel (Source : .....	13
<a href="https://balkam.files.wordpress.com/2009/05/realtime_diff_gps.jpg">https://balkam.files.wordpress.com/2009/05/realtime_diff_gps.jpg</a> ) .....	13
Figure 6 : Zone d'ombre (Gervais, 2010) .....	13
Figure 7 : Zone de recouvrement (Gervais, 2010) .....	13
Figure 8 : Photogrammétrie (Lisein, 2015).....	14
Figure 9 : Vision stéréoscopique humaine (Gervais, 2010).....	14
Figure 10 : Signature spectrale.....	14
Figure 11 : Modèle 3D résultant de l'application de la CED (Hullo, 2010).....	14
Figure 12: Etape de la méthode photogramétrique (Rose, 2012).....	14
Figure 13 : Règlement applicable à l'exploitation des drones et des modèles réduits volants de l'OACS .....	16
Figure 14 : Section 7 - Aéronefs sans occupants d'un poids allant jusqu'à 30 kg de l'OACS .....	16
Figure 15 : Art 17 - Restriction applicable aux modèles réduits d'aéronefs de l'OACS.....	17
Figure 16 : Zones de restriction de vol (Portail cartographique de la Confédération : <a href="https://maps.geo.admin.ch">maps.geo.admin.ch</a> ) .....	17
Figure 17 : Carte aéronautique OACI (Portail cartographique de la Confédération : <a href="https://maps.geo.admin.ch">maps.geo.admin.ch</a> ) .....	18
Figure 18 : Art 19 - Prescription cantonales de l'OACS .....	18
Figure 19 : Art 20 - Assurance responsabilité civile de l'OACS.....	19
Figure 20 : Extrait de la police d'assurance de l'Etat.....	19
Figure 21 : Carte des zones de protection des oiseaux (Portail cartographique de la Confédération : <a href="https://maps.geo.admin.ch">maps.geo.admin.ch</a> ).....	21
Figure 22 : Carte SITG zones protégées ( <a href="https://www.etat.ge.ch/geoportail/pro/">https://www.etat.ge.ch/geoportail/pro/</a> ).....	21
Figure 23 : Art 18 - Exception aux restrictions de l'OACS.....	22
Figure 24 : Répartition des participants au sondage.....	26
Figure 25 : Domaines d'application des prestations drone.....	27
Figure 26 : Calcul du GSD selon la hauteur de vol I (Romy, 2016) .....	39
Figure 27 : Calcul du GSD selon la hauteur de vol II (Romy, 2016).....	39
Figure 28: Phantom 4 Pro+, DJI .....	40
Figure 29: Inspire2, DJI .....	40
Figure 30 : Conclusion de la démonstration LEICA (Desbuisson & Sangouard, mars 2017).41	41
Figure 31 : Albris, SenseFly.....	41

Figure 32 : Ebee, SenseFly .....	41
Figure 33 : Falcon 8, AscTec.....	41
Figure 34 : Matrice, DJI .....	42
Figure 35 : Fonctionnement actuel .....	45
Figure 36 : Intégration d'une base de données, dans un nouveau fonctionnement.....	46
Figure 37 : Intégration d'une base de données, dans le fonctionnement actuel .....	46



## Abréviations

BIM : Building Information Modeling

DALE : Département de l'Aménagement, du Logement et de l'Energie

DETA : Département de l'Environnement, des Transports et de l'Agriculture

DETEC : Département fédéral de l'Environnement, des Transports, de l'Energie et de la Communication

DGAN : Direction Générale de l'Agriculture et de la Nature

DMO : Direction de la Mensuration Officielle

HEPIA : Haute Ecole du Paysage, d'Ingénierie et d'Architecture

GNSS : Global Navigation Satellite System (Système de positionnement par satellites)

GPS : Global Positioning System

GSD : Ground Sampling Distance (Taille du pixel au sol)

IMU : Inertial Measurement Unit (Central à inertie)

LiDar : Light Detection and Ranging

NDVI : Normalized Difference Vegetation Index

NT2 : Niveau de Tolérance 2

OACS : Ordonnance sur les Aéronefs de Catégories Spéciales

OFAC : Office Fédérale de l'Aviation Civil

OROEM : Ordonnance sur les Réserves d'Oiseaux d'Eau et de Migrateurs d'importance internationale et nationale

PIR : Proche Infrarouge

PFP : Point Fixe Planimétrique

RTK : Real Time Kinematic

RGB /RVB : Red, Green, Blue / Rouge, Vert, Bleu

SIG : Système d'Information Géographique

SITG : Système d'Information du Territoire Genevois

UNIGE : Université de Genève

# 1. Introduction

---

Les drones, cette « nouvelle technologie » qui n'en finit pas d'innover, intéressent de plus en plus les professionnels pour les données qu'ils sont capables de récolter. La miniaturisation des appareils embarqués et la diversité des usages et des informations que ces engins sont capables de relever les rendent très attractifs. Les domaines d'intervention sont multiples, tels que la surveillance, les médias, la cartographie, la gestion de la faune, l'hydrologie, l'agriculture, la gestion des forêts, l'archéologie, l'architecture, le suivi de pollution, les services de secours et la liste est encore longue (Ngabinzeke, J.S., Linchant, J.& all, 10 mars 2016 ; Jaud, M., Delacourt, C. & all.,9 août 2014 ; Gnemmi, R.p, Changey, S., Boutayeb, M., Lozano, R., Siryani, R. janvier 2010). Le drone est en quelque sorte un concentré de nouvelles technologies, qui évolue extrêmement rapidement : qualité des capteurs, miniaturisation des outils de mesures embarqués, autonomie de vol.

Aujourd'hui les drones viennent compléter et apporter de nouvelles perspectives aux relevés dit traditionnels.

Dans ce sens la DMO a voulu connaître, au travers de cette étude quelles seraient les opportunités au sein de l'administration cantonale genevoise et des partenaires de SITG de mutualiser du matériel et des connaissances dans ce domaine, et quelle serait la meilleure option si cet outil devait intégrer l'administration. Cette recherche apportera des éléments permettant à la DMO, voire à l'Etat plus largement de se positionner stratégiquement sur ce sujet et de prendre une décision quant à la forme de sa valorisation.

## 1.1. Présentation de la DMO et SITG

Ce travail découle de la réalisation d'un stage de six mois au sein de la Direction de la mensuration officielle (DMO) du canton de Genève, anciennement appelé cadastre.

L'administration de l'Etat de Genève est divisée en sept départements, dirigés respectivement par un conseiller d'Etat. La DMO est rattachée au Département de l'aménagement, du logement et de l'énergie depuis 2015. Elle est en charge de l'ensemble des données de mensuration du territoire genevois, c'est-à-dire de leur acquisition, gestion et diffusion. Elle est notamment responsable de la création et de la mise à jour du plan du registre foncier, du plan de ville, des adresses, de la nomenclature des artères, le cadastre du sous-sol, une carte de Genève en 3D, ainsi que des orthophotos du canton qui ont lieu tous les 4 ans (en alternance été / hiver).

Des projets et recherches sont menés régulièrement au sein de ce service, sur des thématiques tels que le BIM, la valorisation des données LiDAR, ou encore sur la 3D et la 4D. C'est dans ce cadre que ce travail s'inscrit.

Le monde des SIG à Genève a une particularité. Ses acteurs ont créé un groupe - Système d'Information du Territoire Genevois (SITG) – qui facilite la mutualisation des compétences et des informations. Il diffuse un large panel de données relatives au territoire, rendant le système genevois très performant.

Les partenaires qui composent le SITG sont présentés dans le diagramme ci-dessous :

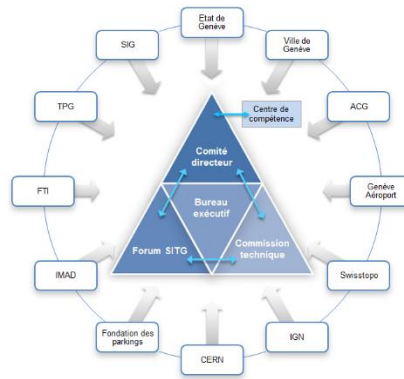


Figure 1 : Organigramme du SITG (source : <http://ge.ch/sitg/le-sitg/organisation>)

## 1.2. Problématique

Le Canton de Genève réalise avec l'aide des partenaires du SITG des vols photogrammétriques traditionnels tous les quatre ans, en alternance été/hiver sur l'ensemble du Grand-Genève. Cette fréquence est parfois insuffisante pour le suivi de certains grands projets, tels qu'une renaturation de cours d'eau ou la construction de nouveaux quartiers.

Le drone pourrait devenir une solution, un outil pour pallier le laps de temps entre chaque vol, complétant ainsi les données manquantes. Il proposerait même de nouveaux types de données. Cependant, est-ce qu'investir dans ce matériel pour ne répondre qu'à quelques besoins au sein de la DMO est souhaitable ? Connaissant l'étendu des possibilités qu'il propose et du fait que les autres services de l'Etat ont certainement d'autres besoins à remplir en termes de saisie de données, comme la surveillance de gravière, le calcul de volume ou encore la cartographie des forêts et des cultures, la question de la mutualisation du matériel et des compétences se pose. Cette recherche étudiera l'opportunité d'acquérir un drone de haute précision pour l'administration genevoise.

Pour y répondre quatre sous-axes de recherche sont traités :

- Une analyse des contraintes légales, ainsi que des procédures d'autorisation de vol, nécessaires pour voler sur le territoire genevois
- Une prospection des besoins auprès des services de l'administration genevoise ou des partenaires du SITG
- Une évaluation des différentes technologies de drone du marché permettant d'atteindre les précisions de la mensuration officielle et des autres besoins identifiés
- Une estimation des coûts financiers et organisationnels.

Les informations recueillies pour chacune de ces thématiques permettront de développer divers scénarios, et ainsi d'apporter des pistes de réflexion afin d'aider l'Etat dans sa décision.

## 1.3. Méthodologie

Les données de ce travail ont été récoltées grâce à la réalisation d'un stage de six mois au sein de la DMO.

La première partie de la recherche a consisté en un état de l'art sur la question des drones, ainsi que des technologies en lien, tels que les capteurs et autres instruments. La deuxième partie s'est axée sur une investigation des bases légales et des procédures d'autorisation de vol sur le territoire genevois. Les ouvrages, les articles de périodiques et les revues scientifiques, les textes de lois et les sites internet ont été les principales sources de données utilisées.

L'étude des sources secondaires n'a pas été suffisante pour identifier toutes les bases légales. Des informations complémentaires ont dû être demandées auprès de spécialistes de divers domaines afin d'être sûre de ne pas passer à côté d'un article de loi sur la question.

L'étape suivante a été l'identification des personnes intéressées par cette étude, ainsi que la réalisation d'une première estimation des besoins actuels et futurs remplis par le relevé par drone. Dans un premier temps, un petit questionnaire d'une dizaine de questions (annexe 10.5) a été envoyé à la liste de distribution mails du SITG, ainsi qu'aux services de l'Etat. Les résultats ont permis de faire un premier état des lieux de la situation drone auprès des intéressés. Dans un deuxième temps, des entretiens ont été proposés aux personnes ayant participé au premier questionnaire. L'objectif étant d'aboutir à une estimation plus concrète des besoins, ainsi qu'à une évaluation des perspectives de collaboration. Deux documents ont été créés pour l'occasion :

- une présentation, résumant les résultats du premier questionnaire, le potentiel des drones et des appareils embarqués (capteurs, gps différentiel), ainsi que des techniques de traitements des données existantes (photogrammétrie, restitution 3D, télédétection, nuage de point). Un rappel des données mutualisées déjà existantes a également été fait.
- un questionnaire (annexe 10.7), relevant les caractéristiques techniques nécessaires à répondre aux besoins identifiés pour être distribué aux participants. Le but étant de définir les caractéristiques techniques permettant d'axer le choix du matériel et d'estimer si une mutualisation est possible.

Dans la mesure du possible les entretiens ont été regroupés par domaine d'activité, par exemple les personnes travaillant dans le domaine de l'eau ont été invitées à la même séance. Cette manière de faire a favorisé les échanges de connaissances et d'expériences. Ce procédé a été fructueux, car de nouvelles idées et utilisations potentielles du drone dans les différents domaines ont émergé.

La prospection des drones dans le matériel disponible sur le marché a mis en évidence deux grandes catégories de drones, les drones dit grand public et les drones professionnels. Sur la base d'études et de tests réalisés, il a été possible de définir dans quelles conditions, ces différentes catégories atteignent les précisions dictées par les besoins.

Les logiciels de traitement des données ont ensuite été comparés, sur des critères techniques mais également sur les retours d'expériences des utilisateurs. Cette prospection a permis de mettre en évidence un logiciel.

Diverses rencontres ou échanges ad hoc ont été organisés afin de compléter les informations collectées durant les entretiens :

- M. Patric Moret et M. Philippe Couturier, représentants de la police cantonale ;
- M. Jean Luc Decrey, en charge des assurances à l'Etat ;
- Mme Irène Costis Droz, de la protection des données ;
- M. Dandkier Gottlieb et M. Alain Rauss, du service des réserves de faune sauvage et d'oiseaux ;
- M. François Gervais, représentant de SenseFly ;
- M. Olivier Travaglini, spécialiste drone ;
- M. Youri Robert, du service information du site et du patrimoine au CERN ;
- IXALP Drones ; HKD ; Buffet-Boyomd, des bureaux privés ;
- M. Alain Dubois, professeur à l'HEPIA.

Finalement, une série de propositions et de scénarios sont proposés, intégrant des estimations de coûts, ainsi que des propositions organisationnelles.

## 2. Les drones

Ce chapitre introduit de manière synthétique les drones et les traitements des données issus de ces derniers, permettant d'apporter quelques outils de compréhension pour la suite de la recherche. Les chapitres suivants s'intéresseront entre autres aux aspects légaux, ainsi qu'aux besoins drone identifiés aux seins des partenaires et services de l'Etat.

Dans la gamme des drones civils, deux types d'engins sont identifiables. Les drones dit à rotors et les ailes volantes ou voilures fixes. Le tableau ci-dessous permet une première comparaison de ces deux modèles en fonction de divers critères.

Tableau 1 : Comparaison entre voilures fixes et drones multirotors

	Voilures fixes	Multirotors
Autonomie de vol	+	-
Surface couverte	+	-
Charge utile	-	+
Vol stationnaire	-	+
Aire de décollage et atterrissage	-	+



Figure 2: Voilure fixe - SenseFly (à gauche), multirotors - DJI (à droite)

### 2.1. Les capteurs

Différents capteurs peuvent être embarqués sur un drone afin de récolter de l'information. Les plus utilisés sont les suivants :

- Spectre visible RVB, images dites traditionnelles ;
- Multispectral : RVB + Proche infrarouge, permettant de capter la réflectance de la végétation et calculer par exemple l'indice NDVI.
- Très proche infrarouge, permettant de caractériser les différentes végétations
- Thermique : mesure la température de chaque pixel
- Caméra - vidéo



Figure 3 : Capteur multispectral de SenseFly

$$NDVI = \left( \frac{PIR - R}{PIR + R} \right)$$

Figure 4: Indice de végétation

En ce qui concerne le Lidar, généralement utilisé pour fournir des nuages de points permettant la création de modèle numérique de terrain par exemple, il n'est pas encore très bien adapté au drone. Le challenge actuel de l'adaptation de cette technologie sur un drone est sa miniaturisation. Quelques Lidars embarqués sur drone existent, mais leur coût est très élevé, car il nécessite la construction d'un drone sur mesure.

## 2.2. Outils de mesure embarqués

D'autres appareils peuvent également être embarqués sur le drone, tels que le GNSS/GPS, DGPS/RTK ou IMU. Ces capteurs enregistrent, par exemple, la position et l'attitude du drone pendant son vol, permettant une géolocalisation des images acquises.

Les GPS différentiels sont maintenant disponibles sur certains modèles de drone professionnel. Le GPS différentiel (DGPS/RTK), contrairement au GPS traditionnel, cherche à minimiser les sources d'erreurs qui interviennent dans la transmission du signal GPS (position des satellites, propagation du signal dans l'atmosphère, l'ionosphère, etc.). Le positionnement différentiel s'appuie sur un réseau de récepteurs fixes (stations de références) dont la position exacte est connue (à Genève, elle se trouve sur le bâtiment du Quai du Rhône 12). À tout moment, la différence (ou l'erreur) entre les coordonnées absolues du récepteur fixe et ses coordonnées mesurées est connue. Cette différence permet ainsi de calculer la correction à appliquer aux coordonnées mesurées.

Un des objectifs d'embarquer un RTK sur un drone est de pouvoir réduire au maximum le calcul des points d'appuis et de contrôle au sol qui coûtent actuellement cher, tout en obtenant la précision souhaitée.

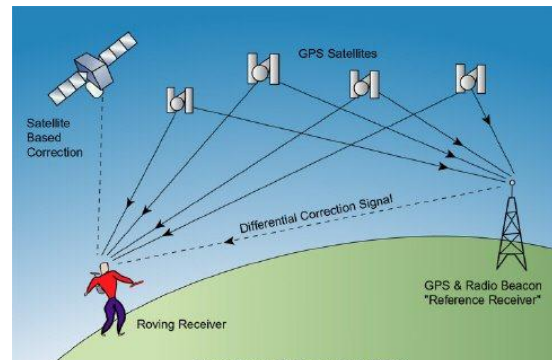


Figure 5: GPS différentiel (Source : [https://balkam.files.wordpress.com/2009/05/realtime\\_diff\\_gps.jpg](https://balkam.files.wordpress.com/2009/05/realtime_diff_gps.jpg))

## 2.3. Orthophoto

« L'orthophoto est une image qui a la qualité graphique d'une photo aérienne et la qualité géométrique d'une carte » (Gervais, 2010).

Pour réussir une orthophoto, il est important de prendre plusieurs aspects en considération, tels que le réglage de la focale, de la hauteur de vol ou encore des zones qui pourraient être masquées. La zone de recouvrement doit également être prise en compte. De manière générale, une orthophoto de qualité nécessite un recouvrement de 60-80%.

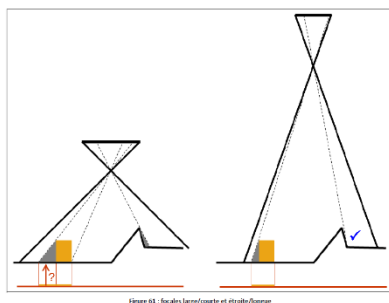


Figure 6 : Zone d'ombre (Gervais, 2010)

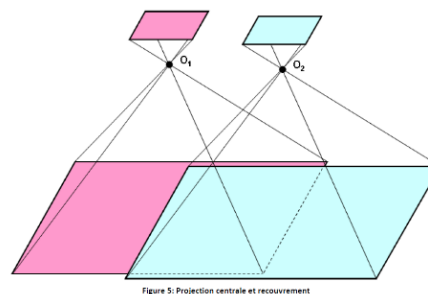
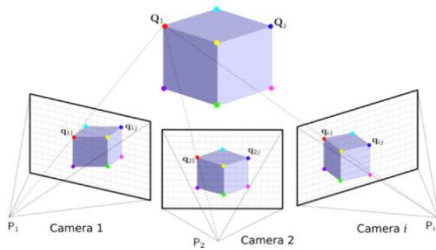


Figure 7 : Zone de recouvrement (Gervais, 2010)



## 2.4. Photogrammétrie

La photogrammétrie se base sur le principe de la vision stéréoscopique humaine. Partant de plusieurs points de vue différents, elle modélise et reconstitue une scène en trois dimensions.



crédit : Julien Michot

Figure 8 : Photogrammétrie (Lisein, 2015)

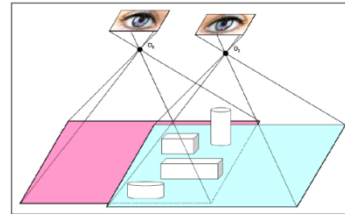


Figure 08 - Principe de base, 2D + 2D = 3D

Figure 9 : Vision stéréoscopique humaine (Gervais, 2010)

## 2.5. Télédétection

Chaque objet émet une signature spectrale différente. En fonction des capteurs utilisés (proche infrarouge, thermique) et des composites ou indices réalisés, il est possible de mettre en évidence certaines informations, ainsi que de reconstituer la signature spectrale de l'objet et de le définir.

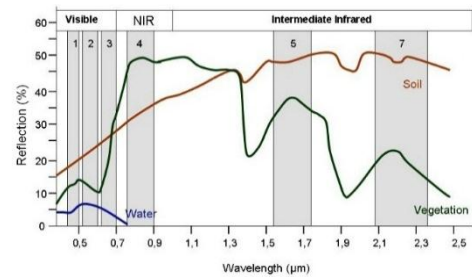


Figure 10 : Signature spectrale

## 2.6. Nuage de points

Les nuages de points sont généralement créés à partir de relevé Lidar ou laser. Toutefois, comme présenté ci-dessus, le Lidar n'est pas encore très utilisé sur drone. Grâce à la photogrammétrie et à l'utilisation de certains logiciels, il est possible de générer des nuages de points à partir d'images. Le logiciel génère depuis des points 3D une triangulation permettant ainsi que créer le nuage de points, appelé la corrélation épipolaire dense (CED) (cf. image ci-dessous) (Rose, 2012 ; Hullo, 2010).

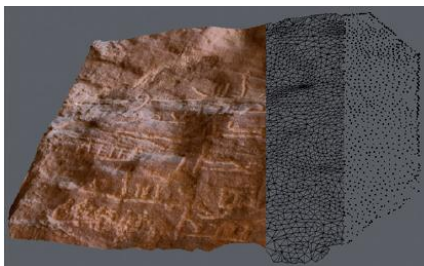


Figure 11 : Modèle 3D résultant de l'application de la CED (Hullo, 2010)

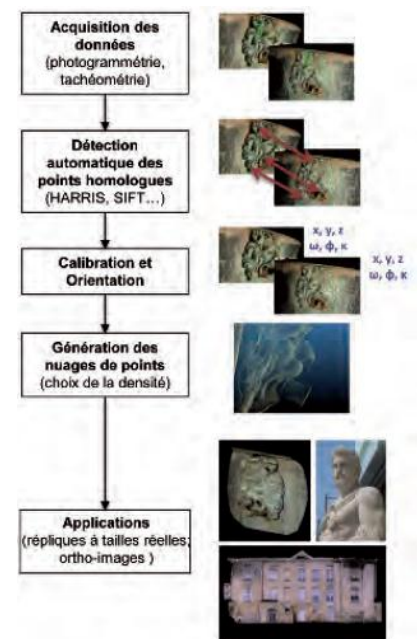


Figure 12: Etape de la méthode photogrammétrie (Rose, 2012)

# 3. Les bases légales et les procédures d'autorisation de vol sur le territoire genevois

---

Ce chapitre met en lumière les bases légales, les réglementations et les procédures de demande d'autorisation de vol, régissant le vol de drone sur le canton de Genève.

*Remarque : ce travail prend en considération l'état de la réglementation suisse et genevoise de juin 2017. Des démarches sont en cours sur le canton de Genève pour faire évoluer la réglementation et les procédures d'autorisation de vol, une attention particulière devra être portée aux futures modifications.*

## 3.1. La législation

### 3.1.1. Office fédéral de l'aviation civil OFAC

Au niveau fédéral, les restrictions et obligations en matière d'utilisation des drones et des modèles réduits volants se basent sur l'ordonnance du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC) sur les aéronefs de catégories spéciales (OACS) <sup>1</sup>. Le site de la confédération propose un résumé des directives de l'Office fédéral de l'aviation civile <sup>2</sup>:

#### Règles applicables à l'exploitation des drones et des modèles réduits volants

Une autorisation de l'OFAC est nécessaire pour exploiter les drones et les modèles réduits d'aéronefs qui excèdent un poids de 30 kg. L'office fixe dans chaque cas les conditions d'admission et d'utilisation.

Les conditions d'utilisation des drones et des modèles réduits volants d'un poids égal ou inférieur à 30 kg figurent dans l'ordonnance du DETEC sur les aéronefs de catégories spéciales.

Voici les principaux points de la réglementation:

- Aucune autorisation n'est nécessaire à condition que le « pilote » maintienne un contact visuel permanent avec le drone ou le modèle réduit volant.
- Le recours à des équipements permettant d'accroître la portée du regard (jumelles ou lunettes vidéo) nécessite l'autorisation de l'OFAC (procédure d'autorisation).
- Les lunettes vidéo et dispositifs analogues sont toutefois admis si un deuxième opérateur supervise le vol et est en mesure de reprendre en tout temps le contrôle de l'appareil. L'opérateur doit alors se situer au même endroit que le pilote.
- Les vols automatiques (fonctionnement autonome) dans le champ visuel du pilote sont admis pour autant que le pilote soit en tout temps en mesure de reprendre si nécessaire le contrôle de l'appareil.

---

<sup>1</sup> L'ordonnance du DETEC sur les aéronefs de catégories spéciales : <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/19940351/index.html>

<sup>2</sup> Site de la Confédération Suisse, Office fédéral de l'aviation civile : « Drones et modèle réduits » : <https://www.bazl.admin.ch/bazl/fr/home/experts/trafic-aerien/drones-et-modeles-reduits.html>



- Les prises de vue aériennes sont admises sous réserve de la réglementation relative à la protection des installations militaires. Il y a lieu également de respecter la sphère privée et plus généralement les dispositions de la loi sur la protection des données.
- Il est en principe interdit d'utiliser des drones à moins de 100 m de rassemblements de personnes en plein air (*informations et procédure d'autorisation*).
- Afin de garantir les prétentions des tiers au sol, l'exploitant d'un drone ou d'un modèle réduit d'un poids de plus de 500 grammes doit conclure une assurance responsabilité civile d'une somme d'un million de francs au moins.
- Les drones et modèles réduits sont soumis à des restrictions de vol au voisinage des aérodromes. Il est ainsi interdit d'utiliser ces appareils à une distance de moins de 5 km des pistes.
- Les cantons et les communes ont le pouvoir de prononcer d'autres restrictions à l'utilisation des aéronefs sans occupants.
- Aucune autorisation de l'OFAC n'est en revanche requise pour des manifestations publiques exclusivement pour les modèles réduits ou les drones.

Figure 13 : Règlement applicable à l'exploitation des drones et des modèles réduits volants de l'OACS

### 3.1.1.1. Ordonnance sur les aéronefs de catégories spéciales (OACS)<sup>3</sup>

Quelques extraits de l'OACS faisant référence à l'utilisation d'aéronefs sans occupants sont présentés ci-dessous.

#### **Aéronefs sans occupants d'un poids allant jusqu'à 30kg**

Les drones civils utilisés pour le relevé des données métier et auxquels la DMO s'intéresse atteignent des poids inférieurs à 30kg.

Sous réserve des restrictions générales applicables à l'aviation (par exemple l'interdiction permanente ou temporaire de circuler, fermeture de l'espace aérien ou interdiction de survoler certaines régions, que le Conseil fédéral peut décréter pour préserver l'ordre public et la sécurité ou pour des raisons militaires), aucune autorisation n'est en principe requise auprès de l'OFAC pour les aéronefs sans occupants d'un poids allant jusqu'à 30kg (Confédération Suisse, 7 février 2016).

<p><b>Section 7    Aéronefs sans occupants, d'un poids allant jusqu'à 30 kg</b></p> <p><b>Art. 14<sup>b36</sup></b>    Règles de l'air</p> <p><sup>1</sup> Les règles de l'air suivantes s'appliquent aux aéronefs sans occupants d'un poids n'excédant pas 30 kg, sauf en ce qui concerne les prescriptions sur les hauteurs minimales de vol:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. en premier lieu les règles figurant dans le règlement d'exécution (UE) n° 923/2012;</li> <li>b. à titre complémentaire les règles figurant dans la présente ordonnance.</li> </ul> <p><sup>2</sup> Les règles de l'air suivantes s'appliquent aux modèles réduits d'aéronefs:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. les règles figurant dans le règlement d'exécution (UE) n° 923/2012 à l'exception des règles SERA.3101, 3115, 3120 et 3145;</li> <li>b. à titre complémentaire les règles figurant dans la présente ordonnance.</li> </ul>
---

Figure 14 : Section 7 - Aéronefs sans occupants d'un poids allant jusqu'à 30 kg de l'OACS

<sup>3</sup> Ordonnance du DETEC sur les aéronefs de catégories spéciales : <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/19940351/index.html>

## Restrictions et dérogations appliquées aux modèles réduits d'aéronefs

Les art. 17 et 18 de l'OACS listent des restrictions auxquelles doivent se soumettre les modèles réduits d'aéronefs : contact visuel permanent avec l'engin<sup>4</sup>, garder une distance de 5km d'un aéroport, etc. Pour ces modèles, aucune restriction concernant la charge utile n'est spécifiée (Confédération Suisse, 7 février 2016).

Si une dérogation est demandée, elle doit être soumise à l'autorité compétente, c'est-à-dire à l'OFAC, Skyguide ou la police cantonale genevoise.

### Art. 17<sup>38</sup> Restrictions applicables aux modèles réduits d'aéronefs

<sup>1</sup> Celui qui utilise un modèle réduit d'aéronefs d'un poids allant jusqu'à 30 kg doit avoir constamment un contact visuel direct avec celui-ci et pouvoir en assurer la conduite en tout temps.<sup>39</sup>

<sup>2</sup> Il est interdit d'utiliser des modèles réduits d'aéronefs d'un poids compris entre 0,5 et 30 kg:

- a. à une distance de moins de 5 km des pistes d'un aéroport civil ou militaire;
- b.<sup>40</sup> dans les CTR actives, s'ils dépassent une hauteur de 150 m au-dessus du sol;
- c.<sup>41</sup> à moins de 100 m de rassemblements de personnes en plein air autres que les manifestations publiques d'aviation mentionnées à l'art. 4.

Figure 15 : Art 17 - Restriction applicable aux modèles réduits d'aéronefs de l'OACS

Des cartes indicatives proposées sur le site de la confédération illustrent les zones où des restrictions de vol existent. La *carte Zones restreintes à proximité des aéroports aux modèles réduits d'aéronefs et aux drones* schématise ces zones en deux types : les zones avec interdiction de vol limitée à 150m au-dessus du sol et les zones avec interdiction de vol à un rayon de 5km autour des aéroports.

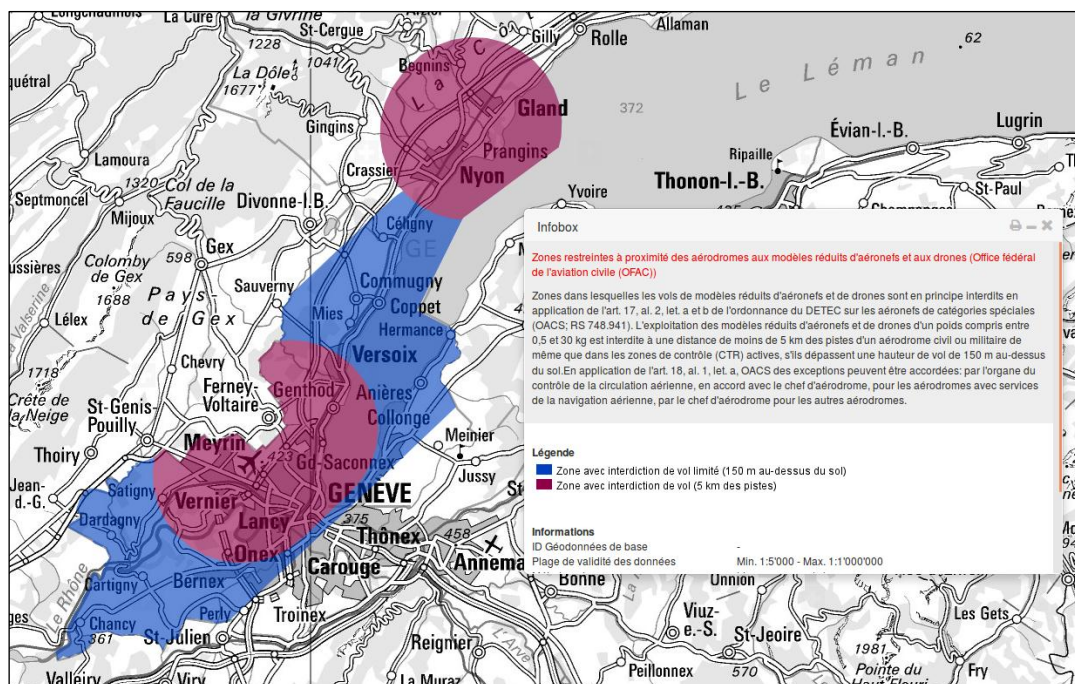


Figure 16 : Zones de restriction de vol (Portail cartographique de la Confédération : [maps.geo.admin.ch](http://maps.geo.admin.ch))

<sup>4</sup> Une dérogation a été accordée par l'OFAC, en février 2017, à la société SenseFly, lui donnant le droit de faire voler ses drones eBee sans contact visuel direct entre l'opérateur et l'engin. Toutefois, les drones doivent respecter certaines règles lors du vol (Roselli S., 14 juin 2017 ; Seydtaghia A., 13 février 2017).

La carte *aéronautique OACI*<sup>5</sup>, ainsi que celle des vols à voile apportent des éléments complémentaires sur les conditions de vol sur le canton de Genève. Elle montre les altitudes de vol autorisées sur le territoire.

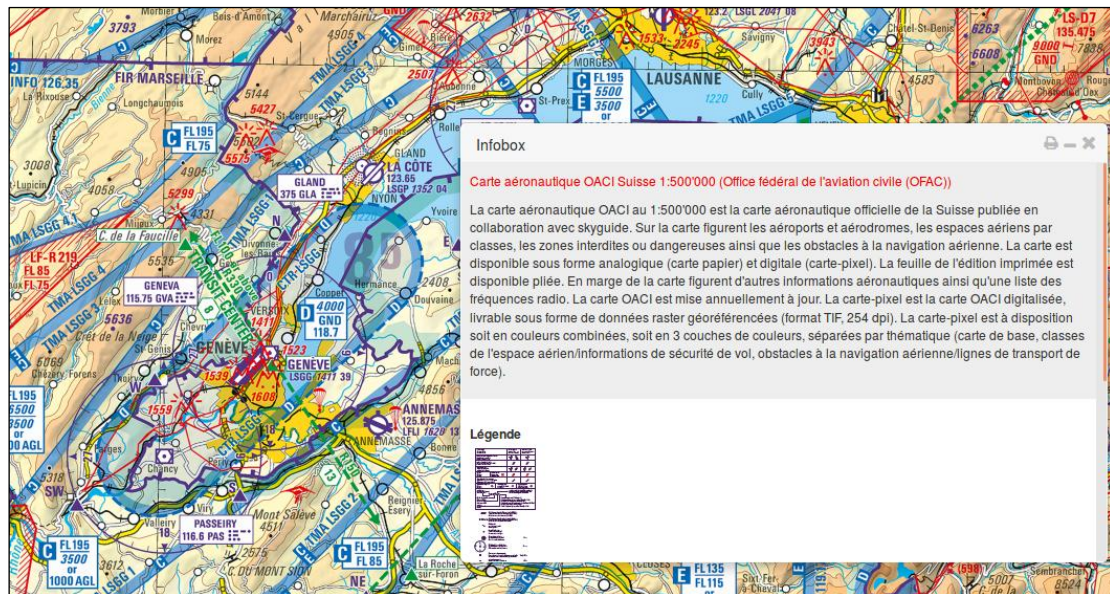


Figure 17 : Carte aéronautique OACI (Portail cartographique de la Confédération : [maps.geo.admin.ch](https://maps.geo.admin.ch))

Il est important de relever que les aéroports français, ainsi que leurs couloirs de vol ne sont pas indiqués sur les cartes suisses. Toutefois les restrictions sont aussi valables lors de la présence d'aérodromes français. Ces cartes doivent être consultées à titre informatif, car toutes les obligations n'y sont pas indiquées.

### Prescriptions cantonales

L'article 19 indique que les cantons ont l'autorité de promulguer des prescriptions supplémentaires. Cette prescription se retrouve également dans l'ordonnance sur l'Aviation : art. 2a al.2 OSAv.

Art. 19	Prescriptions cantonales
	Pour réduire les nuisances ainsi que le danger auquel les personnes et les biens sont exposés au sol, les cantons peuvent édicter des prescriptions applicables aux avions sans occupants d'un poids allant jusqu'à 30 kg (art. 51, al. 3, LA).

Figure 18 : Art 19 - Prescription cantonales de l'OACS

#### 3.1.1.2. Réglementation cantonale genevoise édictée par le Conseil d'Etat

Le Conseil d'Etat a adopté une modification du règlement d'exécution de la loi fédérale sur l'aviation s'agissant des drones civils, le 27 mai 2015 (annexe 10.2).

Elle interdit l'utilisation de drone à moins de 300 mètres des bâtiments publics, en particuliers des établissements pénitentiaires et autres lieux de détention, du Palais de justice et autres bâtiments utilisés par le pouvoir judiciaire, des bâtiments et postes de police et des organisations internationales. De plus, il est indiqué que le Département de la sécurité et de l'économie a le pouvoir d'interdire les vols de drone sur des zones définies durant un certain laps de temps, par exemple lors de rencontres internationales. Dans le cas où les

<sup>5</sup> Site internet de la Confédération suisse : <https://map.geo.admin.ch>



prescriptions énoncées ci-dessus ne seraient pas respectées, l'utilisateur fautif se verra attribuer une amende (Conseil d'Etat, 27 mai 2015).

### Assurance responsabilité civile

Selon l'art.20 de l'OACS, l'utilisateur d'un drone doit souscrire une assurance responsabilité civile à hauteur de 1 million de francs au moins lorsque son aéronef à un poids supérieur à 0.5kg.

<p><b>Art. 20</b> Assurance responsabilité civile</p> <p><sup>1</sup> Afin de garantir les prétentions des tiers au sol, l'exploitant doit conclure une assurance responsabilité civile d'une somme de 1 million de francs au moins.</p> <p><sup>2</sup> La couverture de la responsabilité civile n'est pas nécessaire pour:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. les cerfs-volants et les parachutes ascensionnels dont le poids est inférieur à 1 kg et la hauteur ascensionnelle inférieure à 60 m;</li> <li>b. les ballons captifs dont la charge utile est inférieure à 0,5 kg, la capacité inférieure à 30 m<sup>3</sup> et la hauteur ascensionnelle inférieure à 60 m;</li> <li>c. les ballons libres dont la charge utile est inférieure à 0,5 kg et la capacité inférieure à 30 m<sup>3</sup>;</li> <li>d. les modèles réduits d'aéronefs dont le poids est inférieur à 0,5 kg.</li> </ol> <p><sup>3</sup> Lors de l'utilisation, il y a lieu de se munir de l'attestation de l'assurance responsabilité civile.</p>
--

Figure 19 : Art 20 - Assurance responsabilité civile de l'OACS

### 3.1.1.3. Assurance responsabilité civile de l'Etat de Genève

L'administration cantonale genevoise a souscrit à une assurance responsabilité civile qui couvre les dommages matériels et corporels à hauteur de 10 millions de francs pour des drones de moins de 30kg.

<p><b>5.37 Détenteurs de drones et de modèles réduits d'aéronefs</b></p> <p>Il est précisé que la couverture d'assurance s'étend également à la responsabilité civile légale en tant que détenteur et/ou utilisateur de drones ou de modèles réduits d'aéronefs d'un poids n'excédant pas 30 kg.</p> <p>Est également assurée la responsabilité civile des personnes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• dont répond le détenteur en vertu de la législation sur la navigation aérienne;</li> <li>• qui sont formées par des personnes assurées à l'utilisation de drones ou de modèles réduits d'aéronefs, pendant la formation.</li> </ul> <p>Si la personne formée dispose elle-même d'une couverture d'assurance de la responsabilité civile (p. ex. assurance de la responsabilité civile privée) qui est tenue à versement, AXA sert ses prestations subsidiairement à cette couverture.</p>
---

Figure 20 : Extrait de la police d'assurance de l'Etat

Une attestation d'assurance confirme que les dommages corporels et matériels sont pris en charge par l'assurance souscrit par l'Etat de Genève (annexe 10.1).

### 3.1.2. La protection des données

La question de la protection des données est aussi un aspect à considérer lors de l'utilisation de drone, car ces derniers sont toujours munis de capteurs (appareil photo ou caméra). Ainsi, les images issues de drone sont également soumises à la loi fédérale sur la protection des données (LPD ; RS 235.1), ainsi qu'à la protection de la sphère privée garantie par le code civil.

De plus, les institutions publiques doivent se soumettre à la loi sur l'information du public, l'accès aux documents et à la protection des données personnelles (LIPAD ; RSGe A 2 08), ainsi qu'au règlement d'application de la LIPAD (RIPAD ; RSGe A 2 08.01). Actuellement la LIPAD ne fait pas mention des drones. Pour répondre à ce manque, le CSJ-LIPAD souhaite

créer une base légale express lors de la prochaine refonte de la LIPAD, en adéquation avec les modifications européennes et fédérales sur la protection des données.

Le préposé cantonal à la protection des données et à la transparence porte une attention particulière au fait que lorsqu'une institution publique mandate/délègue un travail à un bureau privé, ce dernier respecte les mêmes règles que l'institution publique : « *l'institution publique qui délègue sa propre responsabilité à une entreprise privée devra garantir que les conditions liées à la saisie des données personnelles, à leur stockage, leur sauvegarde, leur communication, leur diffusion, leur utilisation et leur destruction effective par cette entreprise se feront en conformité avec les principes fondamentaux posés par la loi, autant d'éléments qui doivent être réglés contractuellement et examinés concrètement avant tout engagement* » (PPDT, 3 août 2015).

D'ordinaire les images prises par drone, à une certaine altitude de vol, ne permettent pas d'identifier des personnes. Dans ce cas, la question de la protection des données ne se pose pas. Cependant, le drone peut aussi voler à basse altitude ou avec des angles obliques permettant l'identification des personnes, par exemple lors de relevés de façades. Dans cette situation, les personnes identifiables doivent donner leur accord pour être photographiées ou filmées. Ces dernières doivent également donner leur accord dans le cas de la publication des images, sinon les images doivent être anonymisées. Kettiger rappelle que l'arrêt du Tribunal fédéral dans l'affaire Google Street View : Règles en matière de traitement de données personnelles (ATF 138 II 346) doit également être appliqué" (Confédération Suisse, 7 février 2016 ; Kettiger, 2016).

### 3.1.3. La protection de la faune sauvage et des oiseaux

Dans le canton de Genève, les drones sont interdits dans toutes les réserves naturelles et les réserves OROEM, selon l'ordonnance sur les réserves d'oiseaux d'eau et de migrateurs d'importance internationale et nationale (OROEM), ainsi que le règlement d'application de la loi sur la faune (RFaune).

L'Ordonnance sur les réserves d'oiseaux d'eau et de migrateurs d'importance internationale et nationale (OROEM), du 21 janvier 1991, stipule à l'art. 5, let. f bis que "la circulation d'aéronefs civils sans occupants est interdite" dans les zones OROEM.

Le Règlement d'application de la loi sur la faune (RFaune) :

Art 10 al. 3 : Aéronefs : Le survol des emplacements situés en réserves ou mis en ban pour des objectifs de protection de la faune est interdit en dessous des hauteurs minimales fixées par la législations fédérale (Silgeneve.ch)

Art. 10 al 4 : Modèles réduits d'aéronefs et de bateaux : Les modèles réduits d'aéronefs et de bateaux doivent être utilisés à bonne distance des emplacements situés en réserves ou mis à ban, des lieux de passage et de repos de la faune, et en dehors des périodes de reproduction de celle-ci.

Art. 14 : Réserve d'oiseaux d'eau et de migrateurs d'importance internationale, Rade/Rhône :

- a) Toute navigation autre que celle des bateaux assurant un service public, concessionné ou utilisé à des fins scientifiques, de même que les sports nautiques et l'usage de modèles réduits téléguidés, est interdite entre la passerelle de Chèvres et le barrage de Chancy-Pougny, du 1er octobre au 31 mars ;
- d) Les promeneurs à pied ou à vélo, ainsi que les autres utilisateurs, ne doivent pas avoir un comportement susceptible de déranger les oiseaux ;

Des autorisations de vol peuvent être demandées auprès de la DGAN – service de la biodiversité – pour les réserves naturelles et les réserves OROEM.

De plus, le service de la biodiversité recommande d'éviter de survoler au-dessus des zones agricoles durant le printemps car les nuisances peuvent déranger les animaux en période de reproduction. Il n'existe pas d'interdiction pour ces zones, mais le service sensibilise et demande lorsque cela est possible de déplacer les vols à une autre période de l'année.





### 3.1.4. La protection contre le bruit

L'Ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB ; RS 814.41) ne stipule actuellement aucune limite d'émission de bruit pour les aéronefs sans occupants. Les drones fonctionnent à propulsions électriques, ce qui engendre des nuisances moins élevées qu'avec un moteur à combustible (Confédération Suisse, 7 février 2016).

Toutefois, « le droit aérien protège explicitement les droits qu'ont les personnes qui ont des droits sur un bien-fonds de se défendre contre les atteintes à leur possession et de demander réparation des dommages (art. 3 al. 2 OACS). Quant au droit de la géoinformation, il contraint (art. 20 LGéo) non seulement les titulaires de droits sur des biens-fonds à tolérer que des travaux de saisie et de mise à jour de géodonnées de base relevant du droit fédéral soient réalisées sur leur terrain, mais les oblige également à assister les agents qui les exécutent. Cette dernière obligation s'applique aussi aux drones. Cette obligation de tolérance est uniquement limitée par le principe de proportionnalité : à l'instar de toute autre technique de saisie, les drones doivent être utilisés avec discernement, parcimonie et mesure » (Kettiger, 2016).

### 3.1.5. La sécurité routière

Les vols de drone, nécessitant un décollage ou un atterrissage depuis un espace public (rue, place, etc.), sont considérés par le droit de la circulation routière comme des activités de chantier. Selon l'art. 9 et l'art.80 de l'ordonnance sur la signalisation routière (OSR) du 5 septembre 1979, RS 741.21, ainsi que les normes suisse SN 640'886, une « signalisation temporaire sur les routes principales et secondaires » doit être installée pour indiquer les périmètres d'intervention (Kettiger, 2016).

## 3.2. Les demandes d'autorisation pour voler sur le canton de Genève

Sur le territoire genevois deux entités sont en charge des demandes d'autorisation de vol. Il s'agit de Skyguide et de la police cantonale genevoise. Dans le cas de dérogation spéciale, certaines demandes doivent remonter jusqu'à l'OFAC.

### 3.2.1. Skyguide

Selon l'art. 18, al. 1, let. a, de l'OACS, des dérogations peut être demandées auprès de l'organe de contrôle de la circulation aérienne. Pour le canton de Genève, il s'agit de l'entreprise Skyguide.

<b>Art. 18<sup>42</sup></b>	Exceptions aux restrictions
<sup>1</sup> Des exceptions peuvent être autorisées aux restrictions suivantes:	
a. restrictions visées aux art. 15, let. b, 16, al. 2, et 17, al. 2, let. a et b:	
1. par l'organe du contrôle de la circulation aérienne, en accord avec le chef d'aérodrome, pour les aérodromes avec services de la navigation aérienne,	
2. par le chef d'aérodrome pour les autres aérodromes;	
b. restrictions visées aux art. 15, let. a, 16, al. 1, et 17, al. 1 et 2, let. c: par l'OFAC. <sup>43</sup>	
<sup>2</sup> De telles exceptions ne peuvent être autorisées que si elles ne mettent pas en danger les autres utilisateurs de l'espace aérien ou les tiers au sol.	
<sup>3</sup> L'autorisation peut être assortie de conditions.	

Figure 23 : Art 18 - Exception aux restrictions de l'OACS

Le formulaire de demande d'autorisation de voler sur des zones de restrictions ou d'interdictions est disponible sur le site de skyguide<sup>6</sup>. Les demandes doivent être transmises au moins 10 jours ouvrables avant le jour prévu du vol. Puis le vol doit être confirmé 24h à l'avance.

L'unité ATC, en charge de répondre à ces demandes accordera une pré-autorisation et indiquera les restrictions et les conditions liées au vol. L'opérateur recevra également un numéro de référence.

Le jour du vol, l'opérateur doit téléphoner à la centrale Skyguide au début, ainsi qu'à la fin du vol, en indiquant le numéro de vol qu'il aura reçu préalablement lors de la pré-autorisation. La société skyguide confirmera l'autorisation de vol lors de l'appel téléphonique.

### 3.2.2. Police cantonale genevoise

La deuxième entité en charge d'accorder des autorisations est la police cantonale. L'autorisation doit être déposée au moins 10 jours ouvrables avant le jour prévu du vol à l'adresse mail suivant : cop-procedures-aeronefs@police.ge.ch.

Actuellement, aucun site internet ou plateforme ne permet de consulter de manière précise les démarches et procédures à entreprendre auprès de la police cantonale avant de pouvoir voler. De plus, des changements sont en cours et les démarches risquent d'évoluer rapidement ces prochains mois (annexe 10.3). La rencontre avec M. Patric Moret et M. Philippe Couturier de la police cantonale a mis le doigt sur les aspects de communication entre les utilisateurs de drone et la police. Pour eux, il y aurait deux avantages certains à annoncer son vol (lieu, heure, date) même lorsque le lieu du vol ne requière pas d'autorisation pour voler. Premièrement, il est connu qu'une partie de la population est réticente et méfiante avec les drones. Il arrive fréquemment que des personnes contactent la police pour dénoncer le vol de drone. Ainsi, si la police est informée, elle rassure directement la personne en disant que le vol est autorisé. Deuxièmement, il a été vu ci-dessus qu'il est extrêmement difficile de connaître les lieux où il n'est pas nécessaire de demander des autorisations particulières, car les cartes ne sont pas toujours complètes et le ciel peut être fermé lors de manifestations. Ainsi, la police peut confirmer que le lieu choisi est en ordre et que tout est fait dans les règles.

## 3.3. Actualités, perspectives et recommandations sur les bases légales et les réglementations

La législation suisse est considérée aujourd'hui comme plutôt libérale. Le canton de Genève a cependant durci quelque peu sa réglementation en comparaison à d'autres cantons suisses. Il serait le canton suisse le plus restrictif, et risque de durcir encore sa réglementation ces prochains temps. En effet, Genève est considéré comme une zone sensible du fait qu'elle regroupe sur son territoire un grand nombre d'institutions et de rencontres internationales, ou encore un aéroport international (Le Temps, 20.04.2017).

Les technologies se développent généralement beaucoup plus vite que les textes de lois qui les régissent. Pour la Suisse et le canton de Genève, la législation sur les drones ne semble pas faire exception. Certains domaines sont en retard, et des adaptations sont nécessaires.

L'organe de contrôle de la circulation aérienne, Skyguide, voit dans l'évolution de cette technologie et dans sa démocratisation un réel enjeu quant à la gestion de la sécurité aérienne. En quelques années les demandes d'autorisation ont plus que quadruplées. Afin

---

<sup>6</sup> Site internet de Skyguide, formulaire de demande d'autorisation : <https://www.skyguide.ch/fr/services/vols-speciaux/>



de faire face à cette augmentation, l'entreprise développe un nouvel outil. Une application qui devrait permettre une gestion facilitée du ciel. Sa spécificité sera une visualisation en temps réel de tous les drones présents dans l'espace aérien. La mise en place de cette application demandera cependant une immatriculation des opérateurs et des engins.

D'autres réflexions sont en cours tels que la création de murs virtuels ou encore le dressage d'aigles intercepteurs de drone afin d'assurer que l'interdiction des drones dans certaines zones ou autour de lieux sensibles, tels que les aéroports ou les prisons, soit respectée (Roselli S., 14 juin 2017).

En ce qui concerne l'administration publique, il est nécessaire que toute action se fonde sur une base légale suffisante. Au niveau fédéral, les bases légales régissant la saisie de géodonnées de base ne stipulent pas l'utilisation du drone, contrairement par exemple aux photos aériennes. Toutefois, selon D. Kettiger (2016) « *la base légale existante est suffisante pour régir la saisie et la mise à jour de géodonnées de base relevant du droit fédéral (tous les jeux de données répertoriés à l'annexe 1 OGéo<sup>7</sup>) à l'aide de drones. La loi sur la géoinformation consacre notamment le libre choix de la méthode de saisie et de mise à jour des géodonnées de base (art. 8 al. 3 LGéo) tout en exigeant une saisie efficace (art. 8 al. 2 LGéo)* ». Il en conclue que si les drones s'avèrent pertinents d'un point de vue technique et économique, ils peuvent être utilisés en mensuration. Plusieurs tests et études sont réalisés afin de mesurer la plus-value d'utilisation de drones plutôt qu'une méthode dite traditionnelle dans différents types de saisies. Cependant, il précise qu'au niveau cantonal et communal, des bases légales approuvées seraient « nécessaires dans le droit cantonal pour régir l'utilisation de drones de mensuration servant exclusivement à saisir et mettre à jour des géodonnées de base » (Kettiger, 2016). Actuellement, swisstopo est en charge de coordonner les prises de vues aériennes. Les cantons doivent informer les vols planifiés à swisstopo (art. 27 al. 2 OMN). Cette réglementation avait sens lorsque les vols étaient effectués en avion, mais les vols de drone pourraient être effectués de manière beaucoup plus régulière, la charge de travail liée à la coordination et l'information à swisstopo deviendrait très lourde (Kettiger, 2016).

La question de la protection des données au niveau de l'administration genevoise ne stipule pas non plus le drone dans ses textes. Il serait de ce fait nécessaire de mettre à jour ces différentes bases légales permettant une transparence dans l'utilisation de ce matériel.

Dans ce sens, un point de politique générale a été présenté par M. Pierre Maudet à l'ordre du jour de la séance du Conseil d'Etat du 14 juin 2017 : Drones - proposition pour une vision et stratégie genevoise. Cette note relevait le potentiel que pourrait gagner Genève à être proactive sur la question des drones d'un point de vue du rayonnement régional et international, des questions de sécurité ou encore d'innovation. Cette séance a décidé de mettre en place un groupe de travail en charge de réfléchir et proposer une stratégie en termes de drone sur le territoire genevois.

Aucun document ou site internet ne répertorient les bases légales relatives au drone, les zones claires d'interdiction ou de restriction de vol, les procédures de demande d'autorisation de vol. La création d'une page internet, ainsi que sa mise à jour permanente, regroupant les bases légales, les procédures, les zones de restriction de vol et toute autre information serait utile à l'utilisateur professionnel ou lambda.

---

<sup>7</sup> Annexe1 de l'ordonnance sur la géoinformation (OGéo) du 21 mai 2008, RS 510.620. Disponible sur : <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20071088/index.html>

<b>Résumé des bases légales</b>	
Sécurité	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ordonnance du DETEC sur les aéronefs de catégories spéciales, du 24 novembre 1994. OACS ; RS 748.941 ;</li> <li>- Assurance Responsabilité civile ;</li> <li>- Règlement genevois concernant l'exécution de la loi fédérale sur l'aviation, du 9 novembre 1951. RaLA ; RSGe H 3 05.02 ;</li> <li>- Ordonnance sur la signalisation routière (OSR) du 5 septembre 1979, RS 741.21</li> </ul>
Environnement	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ordonnance sur les réserves d'oiseaux d'eau et de migrateurs d'importance internationale et nationale du 21 janvier 1991. OROEM ; RS 922.32 ;</li> <li>- Règlement d'application de la loi sur la faune du 13 avril 1994. RFaune ; M 5 05.01 ;</li> <li>- Ordonnance sur la protection contre le bruit. OPB; RC 814.41 ;</li> </ul>
Protection des données	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Loi fédérale sur la protection des données, du 19 juin 1992. LPD ; RS 235.1 ;</li> <li>- Loi sur l'information du public, l'accès aux documents et la protection des données personnels, du 5 octobre 2001. LIPAD ; RSGe A 2 08 ;</li> <li>- Règlement d'application de la loi sur l'information du public, l'accès aux documents et la protection des données personnelles du 21 décembre 2011. RIPAD ; RSGe A 2 08.01 ;</li> </ul>
<b>Résumé des acteurs auxquels les demandes d'autorisation doivent être transmises</b>	
Office fédéral de l'aviation civile (OFAC)	
Skyguide	
Police cantonale genevoise	
DETA – service de la biodiversité	

## 4. Les besoins des services de l'administration cantonale

Le deuxième objectif de ce travail est l'identification des besoins auxquels les drones pourraient répondre au sein des services de l'administration cantonale, voire également des partenaires du SITG.

Afin de lister ces besoins, il a fallu dans un premier temps identifier les acteurs intéressés par la saisie de données par drone. Puis dans un deuxième temps, les besoins ont été précisés, ainsi que les caractéristiques techniques et les précisions nécessaires permettant d'y répondre.

### 4.1. Enquête

#### 4.1.1. Identification des acteurs

Le premier questionnaire d'une dizaine de questions a été diffusé aux services de l'Etat, ainsi qu'aux partenaires du SITG (au travers de la liste d'envoi SITG) dans le but d'identifier les partenaires intéressés par cette étude (annexe 10.5). Ce premier contact a également permis d'évaluer la place que les drones ont actuellement dans l'acquisition des données et de lister une première étendue des besoins auxquels ils pourraient répondre dans un futur proche.

L'étude a suscité l'intérêt de 38 personnes (la liste détaillée en annexe 10.6) :

- 21 réponses provenaient de l'Etat de 16 services différents. Plusieurs réponses sont arrivées d'un ou l'autre services.
- 2 de la Ville de Genève (dont une réponse regroupant plusieurs services travaillant avec les SIG) ;
- 5 partenaires SITG,
- 3 hautes écoles dont 1 de l'HEPIA et 2 de l'UNIGE,
- 7 bureaux privés.

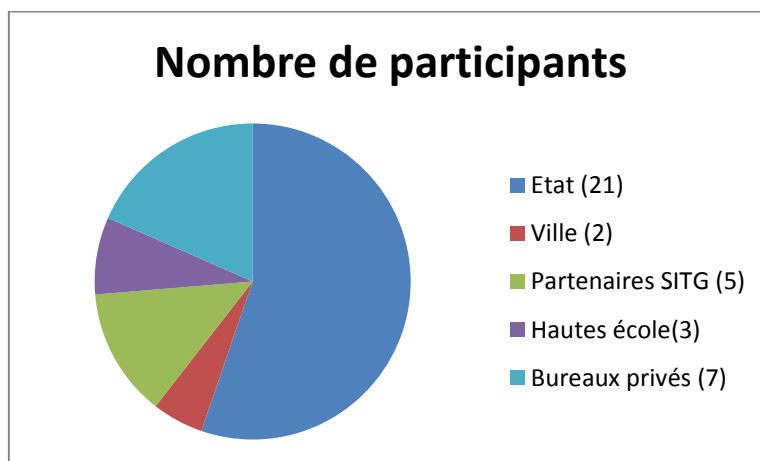


Figure 24 : Répartition des participants au sondage

Sur les 38 réponses, 32 participants ont souhaité aller plus loin dans cette réflexion. Les intéressés ont été répartis en différents groupes pour la suite de l'étude.

- Un entretien ou questionnaire plus détaillés ont été proposés aux services et l'Etat, de la Ville ou des partenaires SITG intéressés par les prestation drones et par la potentialité de mutualiser le matériel et/ou les connaissances.
- Des rencontres ont été organisées avec des partenaires, tels que le CERN, ou l'HEPIA qui sont déjà en possession d'un drone, dans le but d'échanger sur leurs expériences. Elles ont été complétées par des rencontres avec des spécialistes drones.
- Les bureaux privés ont été sollicités afin de mieux connaître le niveau de prestations qu'ils fournissent actuellement dans le domaine du drone, ainsi que ce qu'ils souhaitent ou envisageraient de faire si la demande devait s'accroître.
- La police cantonale genevoise a été, non seulement un partenaire de conseil, car elle a également entrepris des démarches pour acquérir un drone, mais aussi un acteur clé dans la compréhension et le respect des procédures de demandes d'autorisation de vol sur le canton.

#### 4.1.2. Identification des domaines d'application

L'une des grandes observations ressortant de ce premier questionnaire est le fait que les participants proviennent de plusieurs domaines bien différents.

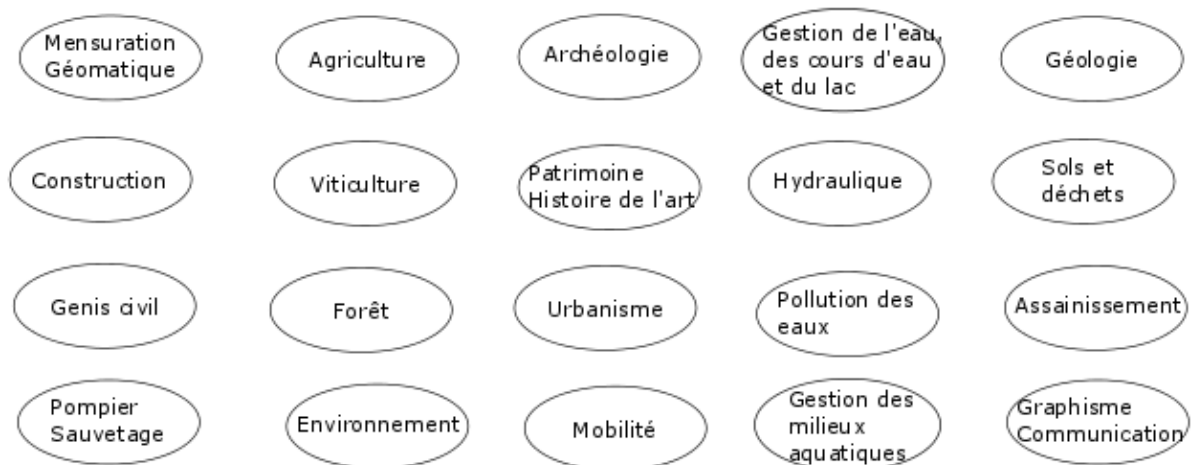


Figure 25 : Domaines d'application des prestations drone

#### 4.1.3. Les utilisations actuelles du drone

Cette première approche a montré que le drone était déjà utilisé dans un certain nombre de cas. Ils ont été listés ci-dessous. Sur les 38 réponses, 8 participants ont leur propre drone et 9 ont déjà mandaté une entreprise spécialisée pour acquérir des données issues de l'utilisation d'un drone.

##### Au sein des services de l'Etat et de la Ville de Genève

- Photographies ;
- Orthophoto ;
- Suivi de travaux, de chantier, de renaturation ;
- Suivi de l'état des bâtiments historiques ;
- Relevés géométriques de profil de rivières et de dépôts de graviers ;
- Relevés de niveaux ;
- Vidéo pour la formation ;
- Documentations des interventions ;

- Prise de vue panoramique ;
- Communication (vidéos et photographies).

#### Au sein des hautes écoles :

- Orthophoto ;
- MNS ;
- Cartographie de la végétation.

#### Au sein des bureaux privés :

- Orthophoto ;
- Photographies ;
- Plan topographique ;
- Suivi de gravières ;
- Calcul de volume (cubature) ;
- Relevé de façades ;
- MNT ;
- Modèle 3D ;
- Thermographie ;
- Film promotionnel.

#### Au sein des partenaires SITG :

- Lors de projet de construction ou de rénovation d'ouvrage existant ;
- Suivi de chantier ;
- Cartographie 2D et 3D.

### 4.1.4. Potentiel de développement

Tous les participants, qu'ils aient une expérience avec un drone ou non, voient dans le drone un outil permettant de répondre à un certain nombre de besoins futurs. Une première liste, non exhaustive, de ces besoins a été dressée, elle sera revue et complétée à la suite des entretiens plus approfondis.

#### Au sein des services de l'Etat et de la Ville de Genève

- Mise à jour de l'orthophoto ;
- Photographies ;
- Vues d'un ou plusieurs bâtiments ;
- Mesures 3D (mensuration planimétrique et altimétrique) ;
- Maquettes 3D ;
- Suivis de chantiers, d'un site ;
- Inspection d'ouvrage d'art ;
- Relevé de terrain ;
- Cartographie et visualisation des parcelles viticoles ;
- Cartographie et visualisation de l'utilisation du sol et des limites culturelles ;
- Cartographie des cours d'eau ;
- Relevés géométriques de rivières ;
- Suivi de la morphologie des cours d'eau ;
- Suivi écomorphologique des cours d'eau ;
- Localisation de canalisations et contrôles d'exutoire peu accessibles ;

- Recherche et suivi de pollutions ;
- Surveillance des secteurs de dangers ;
- Suivi et mesure des gravières et des décharges ;
- Réalisation d'images à des fins de formation ou de communication ;
- Suivi des interventions du feu et retour d'expérience ;
- Communication sur l'avancement des projets.

#### Au sein des hautes écoles :

- Surveillance d'instabilité de terrains ;
- Surveillance de chantier ;
- Surveillance de falaises, de cours d'eau et des rives.

#### Au sein des bureaux privés

- Orthophoto datant du jour de l'étude ;
- Suivi de l'évolution de la végétation ;
- Etat des lieux avant et après un chantier.

#### Au sein des partenaires SITG :

- Suivi de l'exploitation des ouvrages ;
- Suivi de la construction d'ouvrages ;
- Inspection des lignes aériennes.

## 4.2. Besoins précisés et retour sur les entretiens

Les entretiens, ainsi que les questionnaires plus approfondis ont permis de préciser les besoins des services de l'Etat, de la Ville et des partenaires SITG intéressés par des prestations drones. Il leur a été demandé d'imaginer leurs besoins pour l'année à venir.

### 4.2.1. Les entretiens

Les entretiens ont mis en évidence que les personnes interviewées n'ont pas les mêmes connaissances et expériences avec les drones. Les réponses au questionnaire ont été quelque peu hésitantes, principalement lorsqu'il s'agissait des caractéristiques techniques. Si les besoins identifiés devaient se réaliser, il ne faudrait pas prendre ces résultats comme des acquis, mais établir un cahier des charges détaillé pour chacun des cas. Précisons également que la liste des besoins ne doit pas être considérée comme exhaustive, elle évoluera certainement dans le temps et en fonction des expériences et des nouvelles connaissances sur les drones et leur potentiel.

La réalisation des entretiens en groupe a permis des échanges particuliers par thématique (eau, agriculture, sol et déchets, patrimoine et archéologie, etc.). Les participants ont échangé sur leurs expériences et les données déjà acquises par drone, ils se sont donné des conseils en fonction de leurs connaissances. Il a été relevé que quelques fois l'information et les données collectées n'étaient pas toujours partagées, même au sein d'un même département.

Pour la grande majorité des participants, il n'est pas envisageable d'ajouter la réalisation des prestations, ainsi que les démarches administratives au cahier des charges de leur service.

Leur personnel n'est pas suffisant pour additionner encore cette charge de travail. De plus, ils n'ont pas forcément les logiciels et les compétences à l'interne pour effectuer le traitement des données. Ainsi, ils soutiennent la mise en place d'une équipe drone en charge de l'entier des prestations.

En ce qui concerne les aspects financiers, leur éventuelle participation financière est encore floue. Les interlocuteurs n'étaient pas en mesure de se positionner sur la possibilité ou non pour leur service d'allouer des fonds pour une mutualisation de matériel ou/et de services. Certains ont évoqué la possibilité de substituer cet argent à d'autres prestations. Par exemple, à la place de mandater un photographe pour réaliser des photos de peintures sous les toits d'un bâtiment, le mandat serait attribué à l'équipe drone de l'Etat). Quoi qu'il en soit, la question financière et l'éventualité de créer des budgets à cet effet sont encore incertains. Cette question devra être précisée avec les participants et leur service si le projet devait aller de l'avant.

Finalement, les entretiens ont mis en évidence le fait que les données actuellement mises à disposition par le SITG, tels que les relevés Lidar ou les orthophotos RGB et PIR, ne sont pas assez valorisées et qu'il serait nécessaire de réaliser une liste des données à disposition avec la date, le type de capteur embarqué (RGB, lidar, PIR, etc.), car beaucoup ne connaissaient pas l'existence des orthophotos avec le proche infrarouge couvrant le canton.

Pour plus de détails, une synthèse des entretiens par service est proposée annexe 10.8.

#### 4.2.2. Les besoins

Les besoins émis par les services et partenaires interviewés ont été classifiés en quatre groupes :

1. Besoins liés à la communication et au suivi de projet (images illustratives) ;
2. Besoins « métiers » sans traitement approfondi des données issues du drone ;
3. Besoins techniques « métiers », demandant des traitements et analyse des données spécifiques selon les domaines ;
4. Besoins liés aux services d'urgence.

La quantité et la périodicité de réalisation des besoins ont été estimées dans certains cas par les participants. Certains de ses besoins n'ont encore jamais été réalisés, ils ne sont pas une substitution à une méthode dite traditionnelle, les participants ne savaient donc pas toujours à quelle fréquence ou quelles seraient les caractéristiques techniques précises nécessaires pour la réalisation de ces prestations.

Afin de quantifier les besoins de l'administration et de ses partenaires, il était suggéré d'estimer le nombre d'heures pour la réalisation de chacune des prestations. Il n'a pas été possible de réaliser cette estimation de manière précise. En effet, même les professionnels ne souhaitaient pas avancer le nombre d'heure, car cela impliquerait un coût par prestation sans en faire des devis précis. Par exemple, le temps nécessaire pour effectuer un relevé de façade, selon le bâtiment et l'environnement dans lequel il se trouve peut doubler.

De plus, il est important de rappeler que la prestation n'est pas uniquement le temps de vol, mais également toute la phase de préparation (rencontre avec le client, reconnaissance du terrain, les autorisations de vol, la préparation et l'entretien du matériel, le traitement des données, etc. Une liste plus détaillée des étapes est proposée en annexe 10.10.

#### 4.2.2.1. Besoins liés à la communication et au suivi de projet (images illustratives)

<b>DALE – Office du patrimoine et des sites – Service de l'inventaire des monuments d'art et d'histoire : <i>Matthieu Delacorbier</i></b>	
Recensement architectural : vues des bâtiments + vues générales de la zone	1'200 bâtiments
Recensement architectural des grands domaines : vues des bâtiments + vues générales de la zone	320 grands domaines
Livre : ceinture Fazyste : vues des bâtiments + vues générales de la zone	200 bâtiments
Livre : Bâtiments de la vieille ville	200 bâtiments

<b>DALE – Office d'urbanisme – Direction administrative et financière, Service du plan directeur cantonal : <i>Christophe Salmon et Marie-Sophie Aubert</i></b>	
Documenter l'avancement des travaux des interfaces CEVA	4 gares, une fois par mois
Documenter les grands projets urbains (ex : Bernex)	Une fois par mois
Documenter et retour à la population des grands projets d'agglo (ex : Cherpines)	Une fois par mois
Documenter et suivre le chantier de la plage des Eaux-Vives	Une fois par mois
Suivre et comparer le projet et sa réalisation	Ponctuellement

<b>DETA – Direction générale de l'agriculture et de la nature – Service de l'agronomie : <i>Florian Favre</i></b>	
Vulgarisation et communication dans le domaine viticole	Par campagne

<b>DETA – Direction générale de transports – Direction de la planification : <i>Adrien Mulon</i></b>	
Photographies et vidéos de communication du territoire et de l'agglo	Une/deux fois par an

<b>DETA – Direction générale de l'eau – Service de la planification de l'eau – Secteur gestion intégrées des eaux : <i>Fabrice Roth</i></b>	
Suivi de la renaturation de l'Aire et du Nants d'Avril	Périodiquement
Suivi du chantier de la plage des Eaux-Vives	Une fois par mois



#### 4.2.2.2. Besoins « métiers » sans traitement approfondi

**DETA – Direction générale de l’agriculture et de la nature – Service de la biodiversité :**  
*Joëlle Massy*

Repérage des faons dans les champs avant récolte	Printemps
--	-----------

**DETA – Direction générale de l’eau – Service de l’écologie de l’eau – Secteur protection des eaux :** *Vincent Ebener et Emmanuel Farinoli*

Contrôle des déversoirs et tuyaux dans les zones peu accessibles	5 à 10 fois par an
--	--------------------

Suivi de pollution	Non planifiable
--------------------	-----------------

#### 4.2.2.3. Besoins techniques « métiers »

Dans les besoins techniques « métiers », nous considérons les besoins nécessitant un traitement des données spécialisé métier, tel que le dessin de profils de rivière, l’analyse de NDVI, etc.

**DALE – Office du patrimoine et des sites – Service d’archéologie :** *Gionata Consagra*

Prises de vue et orthophotos sur des sites de fouilles archéologiques (ex : Laconnex)	Environ deux fois par an
---	--------------------------

**DETA – Direction générale de l’agriculture et de la nature – Secteur des services généraux :** *Jan Borgeaud*

Suivi de l’utilisation du sol dans les zones agricoles	Pas défini
--	------------

Identification des espèces et variétés de culture	Pas défini
---	------------

Détection de maladies sur les arbres	Non planifiable
--------------------------------------	-----------------

**DETA – Direction générale de l’agriculture et de la nature – Service de l’agronomie :**  
*Florian Favre*

Détection de maladies dans les vignobles	Non planifiable
--	-----------------

**DETA – Direction générale de l’agriculture et de la nature – Service de la biodiversité :**  
*Joëlle Massy*

Analyse dégât dans les cultures dû à la faune	Printemps - été
---	-----------------

Panorama des réserves naturelles	Mandat en cours
----------------------------------	-----------------

Limites des forêts	Mandat en cours sur 2 à 4 ans
--------------------	-------------------------------

**DETA – Direction générale de l’environnement – Service de la géologie, sols et déchets – Secteur sol et sous-sol : Sabrina Serier, Marc Piccino et Sébastien Gassmann**

Contrôle des gravières	Environ 7 fois par an
Site de remblayage (calcul des surfaces et volumes)	Environ 2-3 fois par an
Surveillance d'érosion de berges	Non défini
Inspection de chantiers	Environ 2 fois par an

**DETA – Direction générale de l’eau – Service de la planification de l'eau – Secteur gestion intégrées des eaux : Fabrice Roth**

Relevé et suivi des cours d'eau (Allondon, Aire, Versoix, Seymaz)	Une fois par an
---	-----------------

**DETA – Service de l’écologie de l’eau – Secteur dynamique de l’eau : Etienne Monbaron**

Relevé / évolution de la morphologie des rivières et des bandes de graviers : Aire, Seymaz, Foron (Arve en cours de mandat)	Une fois par an
---	-----------------

**DALE – Office d’urbanisme – Direction administrative et financière, Service du plan directeur cantonal : Christophe Salmon et Marie-Sophie Aubert**

Calcul des quotas des surfaces agricoles dans les projets urbains	Environ une fois par an
---	-------------------------

**DALE – Direction de mensuration officielle : Jose Lopez**

Mise à jour du bâti 3D	Environ 10 bâtiments par an
Modélisation "fine" du terrain sur l'ensemble du Canton de Genève (lignes de rupture)	Par tranche de territoire

**Service de la voirie de la Ville de Genève : Céline Andreetta**

Diagnostic thermique des routes en hier	Tout le canton
---	----------------

<b>Services industriels genevois : Rodolphe Fahrni et Patrice Poirier</b>	
Relevés de sites avant construction d'ouvrage	Environ 2 fois par an
Rénovation d'ouvrage d'exploitation	Environ 2 fois par an
Inspection d'ouvrage	Environ 2 fois par an
Relevés et cubages des réseaux	Non défini
Maintenance et diagnostic des lignes aériennes (élagage de la végétation)	Tout le canton
Maintenance de l'éclairage public	Non défini

#### 4.2.2.4. Besoins liés aux services d'urgence

<b>Service d'incendie et de secours, Ville de Genève : David Mautone</b>	
Surveillance de manifestations	Pas défini
Recherche de personnes	Non planifiable
Retour d'expérience (RETEX)	Pas défini
Tactique opérationnelle sur les gros chantiers (ex : CEVA)	Pas défini
Visualisation avant intervention lors d'un gros feu	Non planifiable
Identification des zones de toits à éventrer	Non planifiable
Contrôle des structures des bâtiments après incendie	Non planifiable
Suivi de pollution dans les rivières	Non planifiable

Les besoins liés aux urgences du service du feu sont très spécifiques et demandent des conditions de mise en œuvre particulières. Ils se rapprochent plus du type d'intervention de la police que de la DMO. De plus, étant donné que la police est dans une démarche d'acquisition de matériel, ainsi que d'organisation interne (formations de pilote, démarche simplifiée d'autorisation de vol, utilisation de la clause générale de la police pour certaines interventions, etc.), il a été proposé que le police et les pompiers prennent contact afin de voir si des synergies pouvaient se créer. Des éléments complémentaires sont disponibles dans la synthèse de l'entretien avec la police en annexe (10.4).

#### 4.2.3. Caractéristiques techniques des besoins

Le deuxième questionnaire plus détaillé a permis d'identifier les caractéristiques techniques en fonction des besoins (annexe 10.7).

##### **Multicoptère ou aile volante ?**

La majorité des besoins peut être traitée par un drone de type multicoptère. Il a été identifié que sur le 48 besoins 22 pourraient être traités par un drone de type multicoptère, 5 par une aile volante et 21 soit par un multicoptère soit une aile volante. En résumé une aile volante

permettrait a priori de répondre à 26 besoins sur 48, alors qu'un multicoptère permettrait de répondre à 43 besoins sur 48.

D'après, le fabricant d'aile Sensefly des tests sont encore en cours afin de voir si leur aile répondrait aux besoins tels que les relevés de façades d'un bâtiment.

Bien que ces deux modèles semblent se concurrencer, ils sont pourtant complémentaires dans certains cas, comme l'exemple du relevé de lit de graviers de l'Arve.

### **Les capteurs**

En ce qui concerne les capteurs, la majorité des besoins demandent un capteur traditionnel de type RGB.

- 28 besoins requièrent un capteur RGB ;
- 4 besoins requièrent un capteur vidéo spécifiquement, bien que généralement les capteurs RGB ont également l'option vidéo ;
- 10 besoins requièrent un capteur thermique (5 sont des besoins des pompiers) ;
- 6 besoins requièrent un capteur multispectral (composé du PIR).

### **Traitement des données**

Etant donné qu'il n'a pas été facile d'estimer le nombre d'heures nécessaires à la réalisation des besoins et pour que ceux-ci soient réalistes, une autre solution est d'estimer la différence entre le temps passé sur le terrain pour le relevé des données, et celui nécessaire en bureau pour le traitement des données. Bien que ces informations nécessitent une bonne connaissance dans la réalisation pratique de ces prestations, il est proposé dans ce travail de considérer le temps terrain-bureau de la manière suivante :

- Besoins « métiers » sans traitement = majorité du temps passé sur le terrain.
- Besoins communication = un temps environ équivalent entre le terrain et le bureau.
- Besoins techniques « métiers » = majorité du temps passé au bureau pour le traitement des données.

### **Répétition des prestations**

Le facteur de répétition de la prestation, par exemple le suivi mensuel d'un chantier, permet de diminuer le temps nécessaire à la prestation. La première fois, il faut faire des repérages sur le terrain, identifier les meilleurs angles de vue, faire des choix et réglages dans le traitement des données, etc. Alors que les fois suivantes, tous ces choix et réflexions seront déjà réalisées, il suffira d'exécuter la prestation.

### **Précision du géoréférencement**

- 8 besoins avec une précision de 2-4 cm ;
- 2 besoins avec une précision de 2-4 cm / 5-10 cm ;
- 7 besoins avec une précision de 5-10 cm ;
- 5 besoins avec une précision de 5-10 cm / 10-30 cm ;
- 8 besoins avec une précision de 10-30 cm ;
- 1 besoin avec une précision de 50cm à 1m ;
- 6 besoins avec une précision de 1-3 m ;
- 11 besoins avec une précision non définie.

### **Résolution spatiale (taille du pixel au sol)**

- 2 besoins : très haute résolution spatiale (< 1 cm / pixel) ;
- 24 besoins : haute résolution spatiale (1 à 5 cm / pixel) ;
- 5 besoins : entre 1 à 5 cm / pixel et 5 à 10 cm / pixel ;
- 15 besoins : petite résolution spatiales (5 à 10 cm / pixel) ;
- 2 besoins : non définis.

## Environnement de prise de vue

Les environnements de prise de vue varient entre les zones agricoles, urbaines, forestières, autour de bâtiments, d'ouvrages d'art, ou encore à l'intérieur de bâtiments ou de canalisations. Pour un type de besoin, l'environnement peut varier en fonction du site. Ou généralement, les besoins peuvent se trouver à l'interface de plusieurs styles d'environnement. Prenons pour exemple, un champ est dans une zone agricole, mais bordé de forêt. Ou alors, dans le cas des recensements architecturaux, un immeuble au plein centre-ville n'aura pas le même environnement qu'une ferme dans la campagne genevoise.

## Données attendues

Les données attendues sont principalement des orthophotos et des photos orientées. Mais elles sont également des photos classiques et des vidéos, ainsi que des photographies thermiques ou infrarouges.

## Tableau synthétisant les caractéristiques techniques en fonction des besoins

Tableau 2 : Caractéristiques techniques par besoins identifiés

Besoins identifiés	Type de drone	Type de capteur	Géoréférencement	Résolution au sol
<b>Besoins communication</b>				
Recensement architectural : vues des bâtiments + vues générales de la zone	Multicoptère	RGB	10-30cm	1-5cm
Recensement architectural des grands domaines : vues des bâtiments + vues générales de la zone	Multicoptère / aile	RGB	10-30cm	1-5cm
Livre : ceinture Fazyste : vues des bâtiments + vues générales de la zone	Multicoptère	RGB	10-30cm	1-5cm
Livre : Bâtiments de la vieille ville	Multicoptère	RGB	10-30cm	1-5cm
Documenter l'avancement des travaux des interfaces CEVA	Multicoptère	RGB	1-3m	1-5cm
Documenter les grands projets urbains (ex : Bernex)	Multicoptère	RGB	1-3m	1-5/5-10cm
Documenter et retour à la population des grands projets d'agglomération (ex : Cherpines)	Multicoptère	RGB	1-3m	1-5/5-10cm
Documenter le chantier de la plage des Eaux-Vives	Multicoptère / aile	RGB	1-3m	1-5/5-10cm
Suivi / comparaison entre le projet et la réalisation	Multicoptère	RGB	1-3m	1-5/5-10cm
Vulgarisation et communication dans le domaine viticole	Multicoptère / aile	RGB / PIR	5-10cm	1-5cm
Photographies et vidéos de communication du territoire et de l'agglomération	Multicoptère / aile	RGB / Vidéo	5-10cm	1-5cm
Suivi de la renaturation de l'Aire et du Nants d'Avril	Multicoptère / aile	RGB	2-4 / 5-10cm	1-5cm
Suivi du chantier de la plage des Eaux-Vives	Multicoptère / aile	RGB	1-3m	1-5/5-10cm
<b>Besoins "métiers" sans traitement</b>				
Repérage des faons dans les champs avant récolte	Multicoptère	Thermique	10-30cm	1-5cm
Contrôle des déversoirs et tuyaux dans les zones peu accessibles	Multicoptère / aile	RGB	Pas défini	5-10cm
Suivi de pollution	Multicoptère / aile	Vidéo	Pas défini	1-5cm
<b>Besoins techniques "métiers"</b>				
Prises de vue et orthophotos sur des sites de fouilles archéologiques (ex : Laconnex)	Multicoptère / aile	RGB	2cm	1cm (1-5cm)
Suivi de l'utilisation du sol dans les zones agricoles	Aile	RGB / PIR	Pas défini	Pas défini
Identification des espèces et variétés de culture	Multicoptère / aile	RGB / PIR / RE	5-10/10-30cm	(1-5)/5-10cm
Détection de maladies sur les arbres	Multicoptère / aile	RGB / PIR	5-10/10-30cm	(1-5)/5-10cm
Détection de maladies dans les vignobles	Multicoptère / aile	RGB / PIR	5-10/10-30cm	(1-5)/5-10cm
Analyse dégât dans les cultures dû à la faune	Multicoptère / aile	RGB	2-4cm	1-5cm
Panorama des réserves naturelles	Aile	RGB / PIR	5-10cm	1-5cm
Limites des forêts	Multicoptère	RGB	5-10cm	1-5cm
Contrôle des gravières	Multicoptère / aile	RGB	10-30cm	(1-5)/5-10cm
Site de remblayage (calcul des surfaces et volumes)	Multicoptère / aile	RGB	10-30cm	(1-5)/5-10cm
Surveillance d'érosion de berges	Multicoptère	RGB	2cm	1cm
Inspection de chantiers	Multicoptère	RGB	10-30cm	5-10cm
Relevé et suivi des cours d'eau (Allondon, Aire, Versoix, Seymaz)	Multicoptère / aile	RGB	2-4cm	1-5cm
Relevé / évolution de la morphologie des rivières et des bandes de gravières : Aire, Seymaz, Foron, Arve	Multicoptère / aile	RGB	2-4 / 5-10cm	1-5cm
Calcul des quotas des surfaces agricoles dans les projets urbains	Multicoptère / aile	RGB	5-10cm	(1-5)/5-10cm
Mise à jour du bâti 3D	Multicoptère	RGB	2-4cm	1-5cm
Modélisation "fine" du terrain sur l'ensemble du Canton de Genève (lignes de rupture)	Aile	RGB	2-4cm	1-5cm
Diagnostic thermique des routes en hier	Multicoptère / aile	Thermique	Pas défini	Pas défini
Relevés de sites avant construction d'ouvrage	Multicoptère	RGB	2-4cm	1-5cm
Rénovation d'ouvrage d'exploitation	Multicoptère	RGB	5-10cm	1-5cm
Inspection d'ouvrage	Multicoptère	RGB / Thermique / vidéo	5-10cm	1-5cm
Relevés et cubages des réseaux	Multicoptère	RGB	2-4cm	1-5cm
Maintenance et diagnostic des lignes aériennes (élagage de la végétation)	Aile	RGB / Thermique / vidéo	5-10/10-30cm	1-5cm
Maintenance de l'éclairage public	Aile	RGB / Thermique / vidéo	5-10/10-30cm	1-5cm
<b>Besoins "service d'urgence"</b>				
Surveillance de manifestations	Multicoptère / aile	Vidéo		1-5cm
Recherche de personnes	Multicoptère / aile	Thermique / Vidéo	50cm-1m	(1-5)/5-10cm
Retour d'expérience (RETEX)	Multicoptère	RGB / Thermique / Vidéo		(1-5)/5-10cm
Tactique opérationnelle sur les gros chantiers (ex : CEVA)	Multicoptère	RGB		(1-5)/5-10cm
Visualisation avant intervention lors d'un gros feu	Multicoptère	Thermique / Vidéo		(1-5)/5-10cm
Identification des zones de toits à éventrer	Multicoptère	Thermique		(1-5)/5-10cm
Contrôle des structures des bâtiments après incendie	Multicoptère	Thermique		(1-5)/5-10cm
Suivi de pollution dans les rivières	Multicoptère	Vidéo		(1-5)/5-10cm

### 4.3. Conclusion

Le premier sondage a permis d'identifier les personnes, services ou entreprises intéressés par cette étude, ainsi que de montrer la diversité des besoins et des domaines d'action possibles. Le nombre de besoins identifiés a renforcé la pertinence de chercher des clés de solution à cette nouvelle demande. Lors de la rencontre avec le spécialiste drone, M. Gervais, la cohérence entre les besoins identifiés dans l'étude avec les prestations qu'il a effectué dans sa carrière a été confirmée. Il trouvait intéressant de les retrouver toutes au sein d'une administration cantonale. De plus, les 48 besoins précisés sont suffisants selon lui pour investir dans un drone.

Ces entretiens ont établi un premier contact. Ils ont confirmé le fait que pour beaucoup des participants le drone est un nouveau sujet. La connaissance sur les drones et leur potentiel est encore légère, faible. Il est ainsi important de noter que certains besoins identifiés sont actuellement des souhaits et qu'ils ne seront peut-être pas tous réalisables. Il a été difficile pour les personnes interviewées de se projeter que ce soit en terme financier, disponibilité du personnel ou encore en termes d'organisation. Finalement, le manque de connaissances et de réalisations pratiques a engendré des réponses quelques peu hésitantes, voire aléatoires, sur les questions relatives aux aspects techniques. Le questionnaire détaillé a permis d'effectuer un premier état des lieux et a listé les aspects importants à considérer dans le choix du drone. Le chapitre suivant donnera un aperçu des différents types de drone disponibles sur le marché en fonction de divers critères.

Les entretiens ont également fait ressortir deux aspects saillants. Le premier est l'importance de l'échange d'expériences sur un sujet nouveau comme les drones. Le deuxième est le problème de la visibilité et de la valorisation des données existantes, par exemple, les relevés par avion, orthophoto et lidar, ou encore certains relevés effectués au sein d'un service.

La classification des besoins en quatre catégories (les besoins liés à la communication, les besoins techniques sans traitements de données, les besoins techniques nécessitant des traitements dit métiers, ainsi que les besoins d'urgence) a montré la complexité que peut engendrer l'organisation d'une structure drone en termes de diversification des profils et des compétences (savoir-faire du pilote dans la prise d'image, mais également dans le traitement).

## 5. Le choix du matériel

---

Le troisième objectif de ce travail était d'évaluer les différentes technologies du marché permettant d'atteindre les précisions de la mensuration officielle et de répondre aux divers besoins présentés dans le chapitre précédent.

### 5.1. Quel drone pour répondre aux besoins ?

Une première démarche a été la réalisation de recherches spécifiques par drone disponible sur le marché. Cependant après avoir rencontré plusieurs personnes travaillant avec des drones, il est ressorti que chacun avait ses préférences, et que chaque besoin demandait des spécificités particulières. En conséquence, avant d'aller plus dans le détail, une définition des besoins véritables, soit quel service s'engage vraiment dans le projet serait une piste permettant de cadrer, de réduire les recherches. De plus, les technologies évoluant extrêmes rapidement, l'option retenue dans ce travail serait de plutôt identifier et décrire les gammes de drones présentes sur le marché pouvant répondre aux exigences.

Sur le marché du drone civile, deux grandes catégories de drones ont été observées : les drones dit grand public et les drones professionnels. Deux questions se posent :

- Est-ce que la qualité et la précision d'un drone grand public sont-elles suffisantes pour atteindre les précisions souhaitées ?
- Vaut-il mieux investir dans un drone cher, dit professionnel, ou dans un drone dit grand public, afin pouvoir renouveler les matériaux périodiquement ?

#### 5.1.1. Un drone grand public

La catégorie des drones grand public disponibles dans les grandes surfaces se développe rapidement et elle propose du matériel toujours plus performant, au niveau de l'engin, mais également du capteur ou autre outil de mesures embarqué (par exemple le GPS). La gamme de prix varie de quelques centaines de francs pour les plus basiques à environ 2'500 CHF pour les plus complexes.

Un étudiant, Michel Romy (2016), a effectué son travail pour le brevet suisse de géomaticien au service de la mensuration du canton de Vaud. Son objectif était d'étudier si un drone grand public - le *Phantom 4* de chez DJI – permettait d'atteindre les critères de précision de l'Ordonnance technique du DDPS sur la mensuration officielle (OTEMO), ainsi que ceux des normes cantonales vaudoise, sur deux types de secteurs différents : en zone villas, en zone village. Les normes genevoises exigeant le même niveau de précisions – en NT2 une précision de l'erreur moyenne à 3.5 cm sur les points limites et les angles de bâtiments – cette étude est très intéressante pour la DMO.

Michel Romy propose dans son rapport une méthodologie pour atteindre les précisions requises en fonction du capteur, de la taille du pixel, de la hauteur de vol, du plan de vol.

Pour atteindre une précision de 3.5cm, la taille du pixel au sol (GSD) doit être inférieur à la moitié de l'erreur moyenne, c'est-à-dire de 1.75 cm. Pour atteindre ce résultat, en fonction du capteur utilisé, il faut connaître la hauteur de vol maximum. Le raisonnement du calcul est développé dans son travail.

Il conclut que dans la zone de villas, les résultats satisfont les précisions demandées, mais pas pour la zone village. Pour cette dernière, les précisions ne sont pas respectées au niveau des bâtiments, car les angles des bâtiments sont difficilement interprétables.

**Paramètres Caméra**

Pour pouvoir calculer le GSD au sol selon la hauteur de vol de façon mathématique, il faut la longueur réelle de la focale qui n'est pas fournie par le fabricant.

Selon le manuel de PIX4D, il est nécessaire de poser l'équation suivante :  $FR[mm] = (F35 \times Sw) / 34.6$

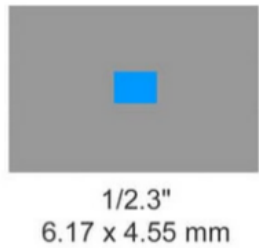
Dans les paramètres de la caméra, il est inscrit 20 mm (équivalent au format 35 mm). Par conséquent, on doit calculer la longueur de la focale réelle et ne pas utiliser F35 (35 mm) mais bien F20 (20 mm) donc :

$FR[mm] = (F20 \times Sw[mm]) / 34.6$

**$FR[mm] = (20 \text{ mm} \times 6.17 \text{ mm}) / 34.6 = 3.57 \text{ mm}$**

<https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/204272989-Offline-Getting-Started-and-Manual-pdf-#gsc.tab=0>  
(page 16)

<http://www.gizmag.com/camera-sensor-size-guide/26684/pictures#1>



1/2.3"  
6.17 x 4.55 mm

Capteur :	Sony EXMOR 1/2.3" CMOS
	Largeur réelle = 6.17 mm
	Hauteur réelle = 4.55 mm
Objectif :	FOV 94°, 20 mm (=35 mm)
	f/2.8 focus à l' ∞
Focale :	Longueur réelle = 3.57 mm
Taille image :	4000x3000
Résolution :	12 mégapixel

Figure 26 : Calcul du GSD selon la hauteur de vol I (Romy, 2016)

**Calcul du nombre de pixel selon hauteur de vol - GSD Calculator**

Calculator	
Sw	6.17 = Largeur du capteur de la camera (mm)
FR	3.57 = Longueur focale de la camera (mm)
H	40 = Hauteur de vol (m)
imW	4000 = Largeur de l'image (pixels)
imH	3000 = Hauteur de l'image (pixels)
<b>GSD</b>	<b>1.728291 = Ground Sampling Distance (cm/pixel)</b>
<b>Dw</b>	<b>69.13165 = largeur de l'image seule empreinte sur le sol (m)</b>
<b>DH</b>	<b>51.84874 = hauteur de l'image seule empreinte sur le sol (m)</b>

Hauteur de vol(m)	Taille du GSD(cm)
30	1.30
40	1.73
50	2.16
60	2.59
70	3.02

**Formule:**

$GSD [cm/pixel] = (SW [mm] * H [m]) / (FR [mm] * imW [pixel]) * 100$

$H [m] = (GSD [cm/pixel] * FR [mm] * imW [pixel]) / (SW [mm] * 100)$

$DW [m] = (GSD [cm/pixel] * imW [pixel]) / 100$

$DH [m] = (GSD [cm/pixel] * imH [pixel]) / 100$

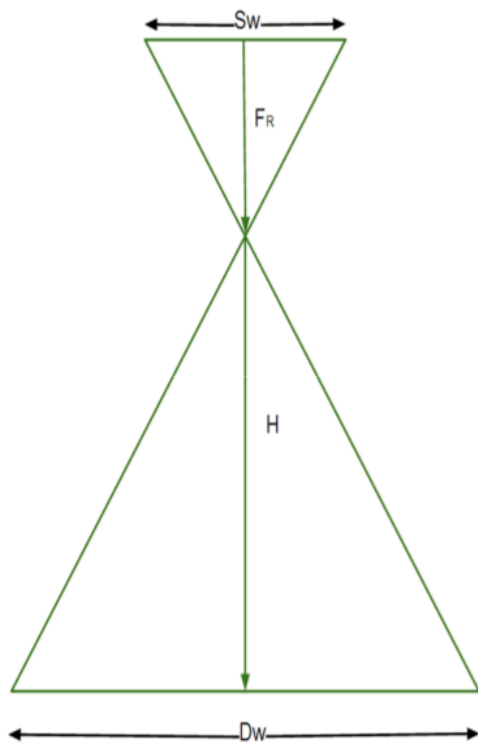


Figure 27 : Calcul du GSD selon la hauteur de vol II (Romy, 2016)



Il fait également une comparaison entre le relevé traditionnel et le relevé par drone. Il estime qu'en terme de temps, le relevé par drone est plus rentable que le relevé traditionnel dans le cas de la zone de villas. De plus le relevé par drone, contrairement au relevé traditionnel apporte une saisie des données directement en trois dimensions. Pour la zone village, le temps nécessaire pour le relevé par drone ou le relevé traditionnel est plus ou moins équivalent, mais donc pas forcément rentable. Il note que la répartition du temps n'est pas la même. Pour le relevé par drone, le temps de terrain est inférieur au temps passé en bureau, alors que pour le relevé traditionnel c'est l'inverse.

Les caractéristiques du capteur du *Phantom 4* de DJI, avec lequel a été effectuée l'étude, devait être celui avec le meilleur capteur lors de l'étude. Aujourd'hui de nouveau modèle grand public ont vu le jour avec des capteurs encore plus performants, tel que le *Phantom 4 Pro*. Les caractéristiques techniques des drones grand public évoluent extrêmement rapidement. De plus, dans la gamme de prix légèrement supérieurs, mais encore raisonnable, il existe des capteurs de meilleure qualité encore. Le modèle *Inspire* de DJI en est un exemple.



Figure 28: Phantom 4 Pro+, DJI



Figure 29: Inspire2, DJI

Actuellement d'autres études comparatives entre des drones grand public et des drones professionnels sont en cours de réalisation. Il serait intéressant de recenser et d'effectuer une synthèse de ces différents travaux afin d'en tirer une conclusion.

Un dernier argument, qui ferait pencher du côté d'un drone grand public, est que beaucoup de bureaux privés utilisent ce genre de drone pour répondre à un grand nombre de mandats et seraient satisfaits de la qualité des rendus. De plus, ils précisent qu'il est plus facile pour eux de faire décoller un drone à quelques milliers de francs, plutôt qu'un drone à quelques dizaines de milliers de francs.

### 5.1.2. Un drone professionnel

L'une des grandes différences, entre les drones grand public et les drones professionnels, est que pour ces derniers, il existe plusieurs types de capteurs pouvant s'adapter à un seul engin : le capteur « traditionnel » de RVB, le capteur multispectral avec le PIR ou encore le capteur thermique. Certains drones professionnels très spécialisés sont également capables d'embarquer des LIDAR, mais le LIDAR embarqué sur drone reste encore rare, complexe et très coûteux. Ainsi la première question est de savoir si un capteur RVB est suffisant ou non. Sur les 48 besoins identifiés, 16 nécessitent un capteur spécial.

L'autonomie de vol entre les drones professionnels et les drones grand public est en moyenne la même. La grande différence se joue sur la qualité du capteur. En effet, avec un appareil photo de meilleure résolution, en volant à plus haute altitude, il est possible de couvrir des zones plus importantes et obtenir une même taille de pixel au sol (GSD). La qualité du capteur peut faire pencher la balance. Pour rappel, la résolution spatiale est différente entre les types de capteur. Par exemple, le capteur RVB et le PIR ont une

différence de facteur 6 : si le capteur RGB est de 2 cm de résolution spatiale, le capteur PIR sera de 12 cm.

La grande nouveauté actuellement sur les drones professionnels est le GPS différentiel ou aussi appelé RTK embarqué. Cette technologie est présente uniquement sur quelques modèles pour le moment. Très intéressante en termes de résultat de géoréférencement, elle permet de diminuer le nombre de points d'appui et de contrôle au sol à relever, et gagne ainsi du temps. Cependant des tests ont montré que selon le niveau de précision souhaité, il n'est pas encore possible de se passer complètement des points de calage au sol. Et les points de contrôle sont toujours nécessaires pour vérifier les résultats. Une démonstration – test de LEICA avec un drone Aibotix a montré qu'avec un GPS RTK embarqué la précision au sol atteint les 10 cm. Lorsque deux lignes de vol et deux points de calages sont ajoutés, la précision atteinte est bien inférieure à 10 cm. Les conclusions du test sont les suivantes :

Les résultats des tests démontrent bien une précision de mesure inférieure à 10cm avec la seule utilisation d'un GPS RTK embarqué sur le drone.

La mise en place de points de calage en extrémité et milieu de zone (suivant la longueur de la zone) complété par quelques points de contrôle aléatoire semble cependant indispensable pour travailler dans un contexte maîtrisé et non contestable.

Il semble également, de manière assez logique, que l'utilisation d'une double bande de vol permette de gagner en rigidité sur le modèle.

Le test est très positif et permet d'envisager une mesure avec beaucoup moins de cibles qu'avec l'option précédente drone sans RTK.

Figure 30 : Conclusion de la démonstration LEICA (Desbuisson & Sangouard, mars 2017)

Les drones professionnels ont une gamme de prix qui se situe autour des 30'000 CHF. Dans les engins conseillés lors des diverses rencontres apparaissent les modèles suivants :

- Ebee avec RTK et capteur multi-bande « sequoia » (RGB+PIR) et Albris de SenseFly



Figure 32 : Ebee, SenseFly



Figure 31 : Albris, SenseFly

- Falcon8 avec Sony alpha 7R avec capteur plein format d'AscTec



Figure 33 : Falcon 8, AscTec

- Matrice de DJI



Figure 34 : Matrice, DJI

Pour les fabricants de drones professionnels, les drones ne devraient pas être considérés comme des bien jetables, mais réparables. De ce fait, le service après-vente serait un gage de qualité. Le service après-vente des drones grands publics n'est apparemment pas encore très performant, contrairement à celui des drones professionnels. De plus, lors de l'achat d'un drone professionnel des formations de vol, ainsi que des conseils sur l'entretien et la maintenance de l'appareil sont proposés dans les packages.

### 5.1.3. Conclusion sur le matériel

Actuellement plusieurs études sont en cours de réalisation pour savoir si les drones grand public peuvent atteindre les résultats des drones professionnels, ainsi que les précisions souhaitées<sup>8</sup>. Avec les résultats actuels il semblerait que dans beaucoup de cas, le drone grand public permet de répondre aux exigences des prestations demandées. La plus grande différence est au niveau du type et de la qualité du capteur. Pour les 16 besoins demandant un capteur particulier (PIR, thermique), seuls les drones professionnels sont aujourd'hui adaptés.

Dans cette étude, aucun modèle de drone n'a été proposé plus qu'un autre, car bien que chaque drone et chaque marque aie ses spécificités (ses qualités ou ses défauts), il semblerait que le choix du drone, après de nombreuses discussions, est au final quelque peu subjectif. Tous – revendeurs et utilisateurs – ont des avis différents. C'est pourquoi, il a semblé plus pertinent de présenter les avantages et désavantages des gammes de drone.

De plus, étant donné la diversité des besoins, la direction aura tout d'abord à faire un choix relatif à la réponse aux besoins. Suivant sa logique de réponse aux besoins d'un ou plusieurs services, à une seule ou plusieurs catégories de besoins, les choix s'axeront de manière différente et aboutiront à l'un ou à l'autre des drones disponibles sur le marché.

<b>Éléments à prendre en considération</b>	
Quelles utilités ? <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quel capteur ? Quels types de données attendues ?</li> <li>• Quelles compétences du pilote ?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Différents types de capteur : RGB, multispectral (PIR), Thermique, etc.</li> <li>- Formation du pilote et du traitement d'image : technique, de communication, etc.</li> </ul>

<sup>8</sup> Le bureau MBC-Ingéo Ingénieurs Géomètre officiel est en train d'étudier la différence, lors de relevé de façade, entre le ebee de chez SenseFly et le Phantom 3.

<p>Quel niveau de résolution et de précision souhaité ? Quelle qualité du capteur (focus) ?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pour une précision de 3.5 cm, il faut un pixel au sol de 1.75 cm. Soit un pixel deux fois inférieur à l'erreur moyenne.</li> <li>- Calcul de la hauteur de vol nécessaire pour atteindre la taille de pixel souhaité en fonction des paramètres de la caméra.</li> </ul>
<p>Quelle surface de recouvrement ?</p>	<p>A partir de 200 hectares, il est conseillé de choisir une aile</p>
<p>Quel environnement de vol et des objets à relever ?</p>	<p>Difficultés pour la réalisation du vol et la précision souhaitée</p>
<p>Quelle qualité du géoréférencement : RTK PPK / IMU ? Nombre de points d'appui et de contrôle souhaités ?</p>	<p>Présence d'autres types de capteurs sur le drone, augmentant les informations relevées.</p> <p>RTK PPK de ebee : précision de 3 cm planimétrie (x=2.7, y=1) et de 9cm en altimétrie. La licence d'activation est de 10'000CHF (en cas de casse ou de perte de l'appareil peut être remplacée).</p> <p>Possibilité d'utiliser des points existants comme points d'appui ou de contrôle (ex : PFP).</p> <p>Diminution du nombre de points d'appui et de contrôle à relever avec une RTK.</p>
<p>Autres capteurs embarqués de positionnement et métadonnées ?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- GPS</li> <li>- Altitude</li> <li>- Radiation</li> <li>- Incidence</li> </ul>
<p>Quelle fréquence de vol ?</p>	<p>Pour acquérir un drone il faut voler de manière régulière.</p>
<p>Quel service après-vente / conseil / formation / assurances ?</p>	<p>Critère de fiabilité / pas un bien jetable / réparabilité du matériel</p>
<p>Moyen financier : Négociation du package lors de l'achat</p>	<p>Appareil, capteurs, outils de mesures (RTK PPK, IMU, etc.), logiciel de vol et de prétraitement, garantie et assurances, formations, etc.</p>

## 5.2. Quel logiciel pour le traitement des données ?

En ce qui concerne les logiciels, il existe plusieurs types de logiciel de vol et de traitement des données : des logiciels tout public en ligne, des logiciels payant (grand public ou professionnels) ou encore des logiciels professionnels « open source ».

Les logiciels de planification de vol sont généralement fournis avec le drone lors de l'achat, car chaque fabricant de drone a son propre logiciel. Toutefois, certains développeurs, tel que Pix4D, proposent leur logiciel de vol « Pix4D Capture » lors de l'achat d'un logiciel de traitement.

Les logiciels professionnels de traitement de données les plus utilisés sont les suivants (un descriptif plus complet des logiciels est disponible en annexes 10.11) :

- Drone2Map : le dernier logiciel commercial, issu du même moteur que Pix4D, mais conçu pour le grand public. Les données de sortie sont compatibles avec ArcGIS.
- Pix4D : logiciel professionnel commercial, développé par une entreprise suisse. Il permet d'effectuer une multitude de traitements, tout en permettant d'y apporter des réglages et options. Les données de sortie sont également compatibles avec ArcGIS.
- PhotoScan : logiciel professionnel commercial, développé par Argisoft, une entreprise russe. A quelques points près, il a les mêmes options que Pix4D. Son coût est moins élevé que Pix4D.
- MicMac : logiciel libre (« open source »), développé par l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN) et l'École nationale des Sciences de la géographie (ENSG), depuis 2003. Il répond à un certain nombre de besoins, mais son utilisation est encore complexe et peu accessible au grand public. L'avantage qui lui est attribué est qu'il n'est pas vu comme une « boîte noire ».

Tous les professionnels interviewés au cours de cette étude utilisent actuellement Pix4D. Lorsqu'il leur a été demandé, pourquoi Pix4D et pas PhotoScan (considérés comme équivalents), les réponses étaient que Pix4D satisfaisait à leurs besoins, mais qu'ils lui accordent également un fort potentiel de développement dans les années à venir. Les professionnels misent sur le soutien et l'investissement dans cette jeune entreprise suisse, nouvellement rachetée par ESRI, dont la capacité d'innovation et de développement paraît forte. De plus, l'enjeu du local et l'importance du service après-vente / conseils de qualité pèsent dans la balance. Le logiciel Pix4D est intuitif pour les premiers traitements, mais permet une fois le logiciel en main, de faire des ajustements minutieux.

Selon le nombre de personnes en charge de traiter les données et du niveau de traitement nécessaire, il a été conseillé, lors de la rencontre avec François Gervais, de prendre une licence de Pix4D pour les besoins spécifiques et plus complexes, mais de prendre également une licence Drone2Maps pour tous les traitements plus basiques, qui seront par la suite post-traités sur d'autres logiciels tels qu'ArcGis.

## 6. Propositions et scénarios

Suite à cette étude, diverses propositions et divers scénarios ont été imaginés. Les propositions peuvent être intégrées ou non aux divers scénarios du point 6.2, ou alors développées de manière indépendante. En ce qui concerne les scénarios, quelques avantages et désavantages sont exposés, mais la liste n'est pas exhaustive.

### 6.1. Propositions

#### 6.1.1. Une page internet

La mise en place d'une page internet regroupant les informations nécessaires, telles que les réglementations, les procédures d'autorisation de vols, des cartes des zones de restriction de vol à jour, etc., est essentielle, car cette information n'existe nulle part ; elle limiterait les erreurs involontaires.

#### 6.1.2. Base de données - mutualisation des données

La mutualisation des données acquises par drone pourrait se faire par la création d'une base de données. Elle serait un premier pas dans cet esprit de mutualisation et de valorisation des données existantes. En effet, le fonctionnement actuel a montré que les informations et les données acquises jusqu'à présent sont peu partagées.

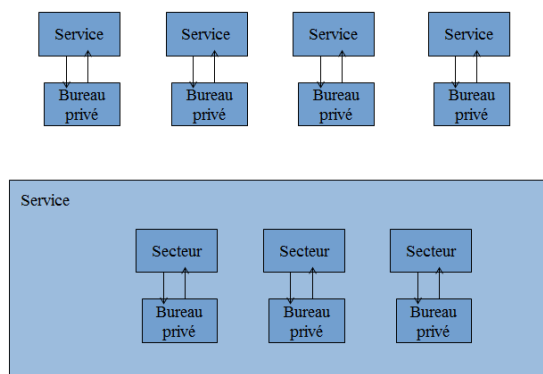


Figure 35 : Fonctionnement actuel

Le développement de cette plateforme d'échange permettrait non seulement un partage des données, mais éviterait certains doublons dans la saisie des données et rationaliserait certains coûts.

Un groupe de travail devra être créé afin de décider :

- à qui cette base de données sera ouverte (à l'Etat, aux partenaires SITG),
- qui sera en charge de sa création et de sa mise à jour (interne, externe),
- quels types de données seront proposées (données brutes, géoréférencées et traitées),
- quels attributs et métadonnées seront enregistrés (annexe 10.12).

Deux schémas sont envisageables :

1. Le fonctionnement global reste le même, l'Etat (voir le SITG) intègre simplement une base de données.



2. L'équipe drone en charge des relevés fournit la base des données avec les nouvelles données acquises. Les services pourront également ajouter du matériel dans le cas, par exemple, où les données auraient subi de nouveaux traitements.

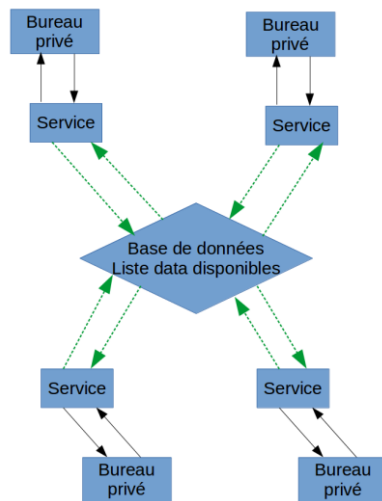


Figure 37 : Intégration d'une base de données, dans le fonctionnement actuel

ou

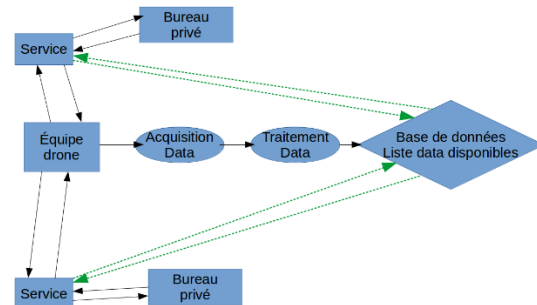


Figure 36 : Intégration d'une base de données, dans un nouveau fonctionnement

### 6.1.3. Guide d'assurance qualité

Il existe actuellement un guide d'assurance qualité<sup>9</sup> apportant des informations techniques pour effectuer des relevés de qualité en photogrammétrie et des relevés par avion. Un guide similaire (ou complémentaire au guide actuel) serait créé pour :

- faciliter la commande auprès des mandataires en donnant quelques informations techniques,
- formuler des critères très précis lors de la rédaction des appels d'offre, permettant un travail de qualité et le résultat attendu,
- apporter une garantie sur la qualité des données intégrées à la base de données susmentionnée.

Le groupe de travail chargé de la base de données s'occupera aussi de cette tâche afin d'établir une cohérence entre ces éléments.

### 6.1.4. Collaboration avec les hautes écoles afin de promouvoir l'innovation et la recherche

Dans le cadre de la note déposée au Conseil des Etats (CE 14.06.2017 – Point 8.6 (POLGEN) DES Drones – Aigle 3073-2017) et afin de promouvoir l'axe d'innovation et de recherche dans le domaine des drones il serait proposé de renforcer la collaboration avec les hautes écoles genevoise, telle que l'HEPIA. Et sur le principe de la convention-cadre de coopération établit le 8.10.2013 entre l'HEPIA et l'Etat (pouvant être élargie au SITG et aux universités), l'Etat s'engagerait à donner ses mandats en priorité aux écoles. Dans le cas où ces dernières ne pourraient les remplir, ils seront alors transmis à des bureaux privés.

<sup>9</sup> Guide de qualité pour la photogrammétrie réalisée par le groupe de travail sur l'assurance de la qualité de l'Etat en juillet 2000.

### 6.1.5. Mutualisation du matériel avec l'HEPIA

Dans le cas où la DMO ou l'Etat décide d'investir dans un drone multicoptère, une mutualisation du matériel et des compétences pourrait être discuté avec l'HEPIA, qui est en possession d'une aile RTK avec un capteur sequoia (multispectral) de chez SenseFly. D'autres collaborations de ce type pourraient voir le jour par la suite.

### 6.1.6. Prise de contact avec la police cantonale

Prise de contact avec la police cantonale afin de discuter sur les procédures à instaurer afin de faciliter les demandes d'autorisation de vol, en mettant en place une boîte mail directe, ou alors en supprimer les taxes lors des demandes d'autorisation.

## 6.2. Scénarios

### 6.2.1. Scénario 1 : Ne rien changer

La situation actuelle est jugée satisfaisante et les acteurs en jeu ne souhaitent pas de changement. L'une ou l'autres des propositions exposées ci-dessus pourrait cependant être envisagées.

### 6.2.2. Scénario 2 : Acquisition de matériel de base au sein de la DMO

La DMO se lancera seule<sup>10</sup> dans l'acquisitions d'un drone, par exemple de type grand public, et un logiciel de traitement, afin de répondre à ses propres besoins. Elle développera un projet au sein de son service. Les services et partenaires de l'Etat continueront à fonctionner comme ils le font aujourd'hui, chaque service mandatant des bureaux externes.

L'estimation grossière des coûts, intégrant les éléments listés ci-dessous, est de 15'000CHF la première année (annexe 10.13.1). A partir de la deuxième année, il s'agit de payer la licence du logiciel (1'200.-/an), l'entretien du drone (pièces de rechange) et éventuellement des formations continues.

- Drone ;
- Logiciel de traitement et licence ;
- Formation vol : entretien du matériel, connaissance des bases légales, préparation du vol (procédure d'autorisation, repérage, etc.) ;
- Formation logiciel et traitement des données.

#### Avantages :

- Gagner en autonomie et en savoir-faire avec cette nouvelle technologie.
- Un coût abordable : le drone devient un outil de mesure (comme un théodolite ou un GPS).
- Simplicité organisationnelle : la financement et l'organisation se règlent à l'interne du service uniquement.

---

<sup>10</sup> Il pourrait être imagine que d'autre service prochaine de la DMO mutualise ce matériel, comme ils mutualiseraient un GSP.

### Désavantages :

- Les pilotes n'auront probablement pas de sorties régulières. Le manque d'expérience et de pratique pourrait engendrer une diminution de la qualité des relevés, ainsi que des aspects sécuritaires.
- Il faudrait imputer le temps de formation et de réalisation des prestations (vol et traitement des données) au personnel déjà en place.

### 6.2.3. Scénario 3 : Mandats extérieurs groupés

Tous les mandats des divers services de l'Etat seraient groupés auprès d'un même bureau ou un ensemble de bureau, en fonction des compétences. Pour ce faire, un appel d'offre<sup>11</sup> serait lancé dans le but d'avoir un « coût-prestation », car il est un bon moyen d'assurer la qualité, dû à une mise en concurrence des parties. L'appel d'offre devra prendre en compte les divers besoins et critères établis dans le guide qualité des prestations.

Durant les entretiens avec des bureaux privés (annexe 10.9), aucun d'eux n'a souhaité avancer un prix par heure ou par type de besoins, sans faire de devis précis au cas par cas. Toutefois, de manière générale, ils disent se baser sur l'échelle honoraire KBOB<sup>12</sup>, à cela, ils ajoutent un coût d'amortissement à chacune des sorties du matériel, variant selon les prestations de 300 à 1'000 CHF.

### Avantages :

- Une estimation du prix à l'heure ou du prix unitaire.
- La flexibilité des bureaux privés sur la main d'œuvre en fonction de la quantité de travail. Les bureaux de géomètre sont également en train de se développer dans ce domaine. Ils ne sont pas encore tous bien équipés, mais se disent prêts à se développer et à se positionner face à ce nouvel outil si le marché et les demandes devaient s'accroître de manière significative.

### Désavantage :

- Sous-traitance à l'extérieur : pas de savoir-faire à l'interne sur cette nouvelle technologie qui deviendra probablement un outil de mesure usuel.

### 6.2.4. Scénario 4 : Acquisition de matériel « drone professionnel » et mise en place d'une structure drone au sein de l'Etat.

Mise en place d'une équipe drone pluridisciplinaire (géomètre, photographe et assistant) qui aura pour tâche de répondre aux besoins des différents services de l'Etat. Les prestations seront établies sous forme de mandat interne. Cette équipe sera en charge de gérer le matériel, les vols et le traitement des données acquises par drone.

Etant donné que certains besoins requièrent des traitements très spécifiques, une discussion devra avoir lieu afin de définir à quelle étape le traitement de la donnée sera arrêté. Il n'est par exemple, pas possible de réaliser des traitements « métier » approfondis, tel que le profil d'un cours d'eau, ou l'analyse NDVI.

---

<sup>11</sup> L'appel d'offre fait appel à des sommes supérieures à 250'000 CHF. Sinon il s'agit de « grès à grès » jusqu'à 150'000 CHF, ou « Sur invitation » pour des projets entre 150'000 et 250'000 CHF.

<sup>12</sup> L'échelle honoraire KBOB est une recommandation relative aux honoraires d'architectes et d'ingénieurs pour l'année 2017

Le mode de financement de cette équipe drone, ainsi que son fonctionnement organisationnel (combien de personnes et à quel pourcentage ? Sert-elle un département ou sert-elle plusieurs départements ?) devront être précisés.

Pour ce scénario, il est proposé d'investir dans un drone professionnel. Les coûts sont plus importants que ceux présentés dans le scénario n°2. Sur le modèle de calcul de M. François Gervais, ils sont estimés à environ 90'000CHF sur 5ans. Le détail est présenté en annexe 10.13.2.

#### Avantages

- Mutualisation des données, des compétences et du matériels,
- Gain en autonomie et en savoir-faire avec cette nouvelle technologie.

#### Désavantages

- Organisation inter-départements complexe, la question de la participation financière (Investissement de départ ? Coût à la prestation ?).
- Trouver le personnel nécessaire et compétent, sachant que l'Etat n'engage plus de nouveau personnel.

### 6.3. La saisie des données par drone : un service privé ou public ?

Ce travail a exposé divers propositions et scénarios demandant des investissements financiers et organisationnels variables. Deux axes se dessinent dans le choix à faire : rendre le service de la saisie des données par drone interne à l'Etat, c'est-à-dire public, ou alors continuer à l'externaliser, comme c'est le cas aujourd'hui, en se tournant vers des bureaux privés.

Sur le terrain, cette réflexion devient un choix politique. La Direction de la mensuration officielle, étant un service de l'administration publique, ainsi que la majorité des services participant à ce projet, ils se doivent de respecter et suivre les recommandations politiques. Ainsi la question de quelle politique les élus genevois souhaitent soutenir se pose.

Il semblerait que jusqu'alors, la majorité du parlement soutiendrait une privatisation des services. Seuls certains services, tels que l'informatique, difficilement contrôlable auraient un soutien politique pour une internalisation. Comment ce projet sera-t-il reçu ? Suivra-t-il la ligne politique profilée jusqu'à présent ou sortira-t-il du lot ?

Dans la littérature de nombreux auteurs soulèvent les avantages et les inconvénients de rendre un service public ou privé. Par exemple, certains auteurs s'inquiètent : l'internalisation d'un service au sein d'une administration ferait diminuer sa qualité. Les entreprises du secteur privé subissent plus de pressions, ce qui les pousse à toujours vouloir faire mieux, augmentant la qualité des prestations, ce qui valorise ainsi l'innovation (E.Campagnac et G. Defontaines, 2012). Au niveau genevois, ce serait plutôt l'argument d'un frein économique qui encouragerait les politiques à favoriser l'externalisation des services. De l'autre côté, les avantages d'internaliser ce service existent aussi, comme l'acquisition de savoirs et de connaissances à l'interne sur ce nouvel outil de mesure.

Ces questions nécessiteraient un autre travail de mémoire ; elles ne seront donc pas davantage développées dans ce travail, mais il est important de les avoir à l'esprit.

## 7. Conclusion, critiques et perspectives de l'étude

---

Les informations récoltées au cours de ce travail ont permis de répondre aux quatre sous-questions de recherche, aboutissant à des pistes de réflexions pour savoir si l'administration cantonale genevoise doit investir ou non dans un drone de haute précision. Avant de conclure, les éléments présentés dans les chapitres précédents seront brièvement résumés.

La législation suisse et genevoise, sont considérées en comparaison avec d'autres pays comme étant une législation pas trop contraignante. La réglementation des vols de drone sur le canton de Genève s'oriente principalement sur trois axes : la sécurité, l'environnement et la protection des données. Certains textes de lois cantonales, comme ceux sur la protection des données personnelles, n'ont pas encore intégré la question du drone. Il est de ce fait nécessaire que ces textes soient mis à jour afin que la prise de données par drone se base sur des textes de loi à jour. Cette mise à jour permettrait également d'asseoir des situations qui actuellement sont interprétées de manières différentes selon les parties en jeu.

L'augmentation des utilisateurs de drones engendre de nombreux risques. Pour des questions sécuritaires, un durcissement de la loi est attendu prochainement et de nouveaux outils et procédures devraient être proposés.

Suite à cette partie, une première proposition est avancée : la création d'une page internet afin de mettre à disposition des utilisateurs de drones toutes les informations nécessaires (textes de lois, procédures d'autorisation de vol, cartes), ainsi que leur mise à jour, regroupées à un seul endroit.

Le sondage et les entretiens ont montré qu'il existe un grand potentiel dans l'utilisation du drone au sein des services de l'Etat de Genève. Une quantité de besoins qui peut être jugé comme suffisant par des spécialistes drones pour investir. Le sujet étant encore nouveau et peu connu, cette étude a permis aux participants de se questionner sur le potentiel du drone dans leur activité et d'imaginer ce qui pourrait être réalisé. Ces entretiens ont lancé le débat sur cette question et ont amené les participants à échanger sur les expériences des uns et des autres ou alors la non-expérience.

Les entretiens ont relevé que les données mutualisées actuellement n'étaient pas assez valorisées. Ce constat a amené à la seconde proposition : mettre en place une base de données permettant l'échange et la mutualisation des données relevées par drone. Cette plateforme engendrera une plus-value, même si la mutualisation de matériel n'a pas lieu.

La liste des besoins identifiés a montré que tous les besoins ne pourraient pas être traités de la même manière. Les besoins ont été regroupés en quatre grandes catégories : les besoins liés à la communication, les besoins techniques sans traitements de données, les besoins techniques nécessitant des traitements dit métiers, ainsi que les besoins d'urgence. Cette observation indique que différentes compétences seraient engagées pour répondre à l'ensemble des besoins, ou alors, une sélection serait envisagée pour que ces besoins soient traités avec qualité.

Les besoins, estimés sur une année, sont encore en grande partie des souhaits, ils n'ont encore jamais été réalisés. Ainsi, bien que l'intérêt des personnes interviewées est palpable, la question du financement n'est pas résolue. Si pour certains le transfert de charges serait envisageable, pour d'autres l'argent n'est pas disponible, ainsi « souhaits » ne garantissent pas forcément « moyens financiers » pour les réaliser.

Plusieurs services ont insisté sur le fait qu'ils n'auraient pas les moyens internes de mettre à disposition du personnel pour réaliser les saisies. Une option de drone à disposition de tous, où chaque service devrait former une ou plusieurs personnes et acquérir de nouvelles

compétences, n'est pas envisagé. En revanche, l'option de la création d'une équipe drone a été la solution retenue par les participants si un drone venait à être mutualisé à l'Etat.

Sur le marché du drone civil, deux catégories ont été observées : les drones grands publics et les drones professionnels. Des critères techniques et de précisions ont été listés par les participants pour servir d'indicateur dans le choix du matériel. Le type de capteur, ainsi que la précision demandée sont les deux principaux indicateurs dans le choix du drone. Une étude a montré que les drones grands publics pouvaient, en suivant une certaine méthodologie, répondre à des précisions très fines. Les drones professionnels ont cependant quelques avantages non négligeables, comme la possibilité d'adapter plusieurs types de capteurs à un même appareil (RGB, PIR, thermique), ou encore d'embarquer des appareils de mesure plus précis, tels qu'un GPS différentiel.

La décision de remplir uniquement les besoins de la DMO, et un ou deux autres services, d'une seule catégorie de besoins, ou alors de tous les besoins listés, influencera également le type de drone qui sera acheté. Les critères techniques seront alors regroupés pour choisir le drone qui y répondra. Une fois le type de drone choisi et les options techniques souhaitées, la recherche d'un drone correspondant aux attentes sur le marché sera plus accessible.

Les propositions avancées dans le dernier chapitre sont des réponses à des problèmes observés durant le travail, ou des éléments qui faciliteront la mise en place des divers scénarios. Une fois une direction donnée par les décideurs, il est conseillé de mettre en place un groupe de travail, qui sera en charge de réaliser le projet. A ce point, il faut garder en tête que les services de l'Etat sont fortement dépendant des décisions stratégiques des politiques genevoises. Le conseil d'Etat a récemment mis sur pied un groupe de travail, suite à une note de politique générale (*CE 14.06.2017 – Point 8.6 (POLGEN) DES Drones – Aigle 3073-2017*) demandant que le Conseil d'Etat se positionne stratégiquement sur la question des drones. Cette note ne se positionne pas directement sur la question de l'acquisition d'un drone à l'interne de l'Etat, mais le fait qu'elle ait été déposée dernièrement montre que cette thématique intéresse les politiques et que la tendance politique influencera la réalisation de ce projet. Comme le résume très bien Bellin et Labbé (2016) : « Finalement, plus que les freins technologiques, ce seront peut-être les freins éthiques, juridiques et les risques d'utilisation malveillantes qui pourraient orienter le futur des drones ».



## 8. Réflexion sur le déroulement du stage

---

Ce mémoire a été un travail prospectif. Il a abordé un sujet nouveau sur le territoire genevois que ce soit au sein de l'administration publique, de certains partenaires du SITG, ou encore de certains bureaux privés. De ce fait, il n'apporte pas de solution miracle, mais questionne et délimite les étapes importantes du développement futur de cette nouvelle technologie : aspects légaux, souhaits, motivations, besoins, etc.

Cette étude a suscité de l'intérêt auprès des participants et des partenaires qui y voient des opportunités de développer les méthodes de relevés.

Le travail apporte donc un premier état de la situation dans ce domaine sur le territoire Genève, et propose quelques pistes de réflexion pour la suite. Avant d'aller plus loin, il s'est avéré qu'à ce stade des décisions internes devaient être prises sur la direction dans laquelle la DMO et l'Etat souhaitent aller sur cette question.

Un point positif de cette enquête a été qu'un des collaborateurs de la DMO a pratiquement suivi toutes les rencontres avec les partenaires ou représentants des services. Si la décision est prise d'aller plus loin dans le projet, il aura tout l'historique du projet et ira directement de l'avant avec les intéressés sans devoir repartir de zéro.

Ce travail distingue, en quelques sorte, du lot des mémoires réalisés habituellement dans le cadre du Certificat complémentaire en géomatique. Il n'est pas l'exécution d'un mandat pratique à proprement parlé, tels que la réalisation d'un code pour l'automatisation de traitement de données ou une réalisation cartographique. Il se place à une autre étape du projet, que la réalisation purement technique. La mise en relation du contexte, du territoire, de ses acteurs, ainsi que de leurs environnements est l'un des aspects clés dans cette étude prospective. Un second point primordial est l'échange et la collaboration avec les acteurs en jeu. Dans ce sens, les connaissances techniques sont nécessaires afin de construire et d'entretenir des conversations avec ces professionnels aguerris ou non par la thématique du drone et des traitements des données qui l'accompagne, ainsi que de prospecter et faire des propositions qui mèneront à la réalisation du projet. Ainsi, des compétences différentes, complémentaires à la technique pure, sont essentielles pour atteindre les résultats souhaités.

De ce fait, les connaissances acquises au cours du certification complémentaire en géomatique ont apporté un soutien aux aspects techniques, mais d'autres compétences, apprissent précédemment, au cours de mes études en géographie ou de mes expériences professionnelles, ont été jointe. Ce stage a ainsi renforcé cette capacité d'adaptation et d'échange, le savoir sur les drones et les technologies qui leur sont liés, ainsi que la connaissance du fonctionnement de l'administration cantonale genevoise et du SITG.

## 9. Bibliographie

---

Aerofilms Olivier (2013, 22 novembre). *Décomposition de prix pour la réalisation d'une vidéo aérienne*. [Page Web]. Disponible sur <http://aerofilms.fr/blog/production/cout-prestation-drone> (consulté le 20.05.2017).

Aerofilms Olivier (2013, 09 novembre). *Éléments financiers nécessaire au travail aérien avec les drones*. [Page Web]. Disponible sur <http://aerofilms.fr/blog/production/budget-societe-images-aeriennes> (consulté le 20.05.2017).

Agisoft [site internet]. Disponible sur : <http://www.agisoft.com/> (consulté le 17.06.2017).

Airshoot (2017). *Carte Airshoot 2017* [page web]. Disponible sur : [map.airshoot.ch](http://map.airshoot.ch) (consulté le 15.04.2017).

Assenbaum. M. (?). *Acquisition ou prestation ? Une approche économique* [support présentation]. L'avion J'aune SARL. Disponible sur : [https://drone.teledetection.fr/presentations/drone\\_achat\\_ou\\_prestation\\_michel\\_assenbaum.pdf](https://drone.teledetection.fr/presentations/drone_achat_ou_prestation_michel_assenbaum.pdf) (consulté le 20.04.2017).

Bellin, I., Labbé, S. (2016). *Des drones à tout faire ? Ce qu'ils vont changer dans ma vie au quotidien*. Quae. Versaix Cedex, France.

Baiocchi, V., Milone, M. V., Mormile, M., Dominici, D., (2013, nov.-déc.). Levés de bâti par drones dans un contexte post-sismique. *Géomatique Expert* n°95, pp. 14-19.

Budy Cabro, A. (2017, 20 avril). Face aux « mauvais drones », la tentation juridique. *Le Temps*. Disponible sur : <https://www.letemps.ch/economie/2017/04/20/face-aux-mauvais-drones-tentation-juridique> (consulté le 20.04.2017).

Cadieu, C., (septembre 2015). *Méthode de calcul GNSS cinématique Précis*. [Mémoire de master]. Diplôme d'Ingénieurs INSA, France.

Chevallier, J. (2015). *Le service public : "que sais-je"*. Paris : Presse Universitaires de France.

Confédération Suisse, DETEC, OFAC (7 février 2016). *Les drones en Suisse : un nouveau défi*. RPAS working group de l'OFAC. Disponible sur : <https://www.bazl.admin.ch/dam/bazl/fr/.../Rapports%20drones%20civils.pdf> (consulté le 15.02.2017).

Confédération Suisse (2013, septembre). *Arrêt du tribunal fédéral dans l'affaire Google Street View : règles en matière de traitement de données personnelles* [page web]. Disponible sur : <https://www.edoeb.admin.ch/datenschutz/00683/00690/00694/01109/index.html?lang=fr> (consulté le 20.06.2017).

Confédération suisse (16 août 2017). *Carte de la Suisse : Portail cartographique* [Page web]. Disponible sous : [map.geo.admin.ch](http://map.geo.admin.ch)

Confédération Suisse (2017, juin). *Vidéosurveillance par des drones dans le domaine privé* [page web]. Disponible sur : <https://www.edoeb.admin.ch/datenschutz/00625/00729/01171/01326/index.html?lang=fr> (consulté le 20.06.2017)

Conseil d'Etat (27 mai 2015). *Nouvelle réglementation concernant les drones* [communiqué de presse du conseil d'Etat]. Disponible sur : [http://www.ge.ch/conseil\\_etat/2013-2018/ppresse/doc/20150527.pdf](http://www.ge.ch/conseil_etat/2013-2018/ppresse/doc/20150527.pdf) (consulté le 20.06.2017).

Derx, F., Sorin, J.L., (décembre 2008). Inspection des ouvrages d'art par drone : Bilan et perspectives des travaux du LCPC. *Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées*, n°273, pp.39-55. Disponible sur : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00376783> (consulté le 15.03.2017).

Desbourdes, C., De Solan, B., Carrez, B. (mars 2007). Positionnement par satellite : Quelle précision en attendre ? *Perspectives agricole*, n°332, pp. 43-45

Desbuisson, D., Sangouard, T. (2017, 1 mars). *Rapport – Test drone Aibotix* [Document interne]. Bureau Christian Haller.

Dudka, T. (2015, 23 septembre). *Photogrammétrie et modélisation 3D à partir d'images drone au sein de TPLM-3D* [Mémoire de master]. Institut National de Sciences Appliquées de Strasbourg, Topographie.

Eynard, D. (2011, 15 décembre). *Capteur de stéréovision hybride pour la navigation des drones*. Thèse. Université de Picardie Jules Verne. France

Fehrenbach, N. (2014, septembre). *Création de modèles numériques d'élévation pour intégration de projets architecturaux via l'acquisition de données photogrammétriques par drone* [mémoire de master]. Institut National des Sciences Appliquées de Strasbourg, Topographie.

Floreano, D., Wood, R. J., (28 mai 2015). Science, technology and the future of small autonomous drones. *Nature*, n°521, pp. 460-466. Doi: 10.1038

Gervais, F. (février 2010). *Eléments de photogrammétrie : cours de photo-interprétation*. [Support de cours]. HEIG-VD, Environnement construit & Géoinformation. Suisse.

Gervais, F. (2015, 11 novembre). *Innovation technologiques – opportunités et risques : l'exemple des drones*. Séminaires Ingénieurs-Géomètre Suisses. Easy2map SA et SSPT.

Gnemmi, R.p, Changey, S., Boutayeb, M., Lozano, R., Siryani, R. (janvier 2010). *Conception et réalisation d'un démonstrateur pour un système hybride projectile/drone miniature*. ResearchGate. DOI: 10.13140/2.1.5149.2808

Groupe de travail sur l'assurance de la qualité photogrammétrie et génération MNT (2000, juillet). *Guide d'assurance de la qualité : Photogrammétrie et génération de MNT*. [Document interne]. Etat de Genève.

Gunti, C. (2014, 10 avril) L'image automatisée entre drones et appropriation. Décadrages [en ligne]. Disponible sur : <http://decadrages.revues.org/743> (consulté le 12.03.2017).

Hondeghem, A., Perry, J.L. (2009/1). Introduction : Numéro spécial du GEAP sur la motivation de service public et la performance. *Revue Internationale des Sciences Administratives* (Vol. 75), p. 5-10. DOI 10.3917/risa.751.0005. Disponible sur : <http://www.cairn.info/revue-internationale-des-sciences-administratives-2009-1-page-5.html>

Houin, G., Hopp, S. Desbuisson, D., (2014) Drones : Quels usages pour la topographie ? *Revue XYZ*, n°141, pp.38-41.

Intel. Intel Falcon 8+ System performance, precision, safety [Fiche technique]. Disponible sur : [http://www.asctec.de/downloads/public/press/IF8P\\_Intel\\_Falcon\\_8\\_Plus\\_Product\\_Brief\\_SCR\\_EEN.pdf](http://www.asctec.de/downloads/public/press/IF8P_Intel_Falcon_8_Plus_Product_Brief_SCR_EEN.pdf)

IGN. (2017, avril-mai-juin). Un travail collégial. *IGN Magazine*, n°86, pp.16-17.

Jaud, M., Delacourt, C., Allemand, P., Grandjean, P., Ammann, J., Cancouët, R., Descahmps, A., Varrel, E., Cuq, V., Suanez, S., (9 août 2014). DRELIO : Un drone hélicoptère pour le suivi des zones littorales. J. Crepey, D. Levacher (dir.). Colloque des Xème Journée Nationales Génie Côtier - Génie Civil, Juin 2010, Sables d'Olonne, France. *Le Centre Français du Littoral*, tome 2, pp. 485-496.

Kelm K., (octobre 2014). Les drones révolutionnent l'administration foncière : une cartographie sur mesure. [Traduction]. *Revue XYZ*, n°141, pp.34-37.

Kettiger D., (2016, avril). Cadre juridique régissant l'emploi de drones en vue de la saisie de géodonnées de base. *Cadastre*, n°20, p. 24 – 26. Disponible sur :

<https://www.terravis.ch/dam/downloads/media/fachzeitschrift-cadastre-april2016-fr.pdf>  
(consulté le 20.06.2017).

Koymans, G. (2006, 26 avril) *Rappel : C'est quoi une demande de vol spécial chez Skyguide* [page web]. Disponible sur : <http://airshoot.ch/2016/04/4908-rappel-cest-quoi-demande-de-vol-special-chez-skyguide/> (consulté le 15.04.2017).

Le journal du matin (2016, 22 décembre). La police genevoise demande un drone et des fusils d'assaut. *RTS info*. Disponible sur : <https://www.rts.ch/info/regions/geneve/8260492-la-police-genevoise-demande-un-drone-et-des-fusils-d-assaut.html> (consulté le 4 mars 2017).

LeddarTech. *LeddarVu : module de détection lidar compact à faisceau fixe* [Fiche technique]. Disponible sur : [http://leddartech.com/app/uploads/dlm\\_uploads/2016/09/Fiche-technique-LeddarVu-1.pdf](http://leddartech.com/app/uploads/dlm_uploads/2016/09/Fiche-technique-LeddarVu-1.pdf)

Lisein, J., (2013, 15 janvier). *Le drone : un nouvel outil au service de l'inventaire des ressources forestières*. [Présentation]. ULg. Faculté de Gembloux Agro-Bio Tech, Unité de Gestion des Ressources forestières et des Milieux naturels. Saint-Mandé, France.

Lisein, J., (2015, 3 novembre). *Emergence des drones civils : les différentes plateformes, opportunités et défis à relever*. [Présentation]. Ecole National des Sciences Géographique. Tunis.

Lisein, J., (2015, 15 décembre). *Application des techniques de photogrammétrie par drone à la caractérisation des ressources forestières*. Thèse de doctorat non publiée. Université de Liège, Belgique.

Lisein, J., Lejeune, P., Deseiligny Marc, P. (19 mars 2015). *Application des techniques de photogrammétrie avec un drone à la caractérisation de la ressource forestière*. Journée de la recherche de l'IGN [présentation]. Marne-la-Vallée, France.

Loi fédérale sur la géoinformation du 5 octobre 2007 (LGéo), RS 510.62. Disponible sur : <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20050726/index.html> (consulté le 20.05.2017).

Loi fédérale sur la protection des données du 19 juin 1992 (Etat le 1<sup>er</sup> janvier 2014) (LPD), RS 235.1. Disponible sur : <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/19920153/index.html> (consulté le 20.05.2017).

Loi sur l'information du public, l'accès aux documents et la protection des données personnelles du 5 octobre 2001 (entrée en vigueur le 1<sup>er</sup> mars 2002) (LIPAD), RSGe A 2 08. Disponible sur : [http://www.ge.ch/legislation/rsgf/rsg\\_a2\\_08.html](http://www.ge.ch/legislation/rsgf/rsg_a2_08.html) (consulté le 20.06.2017).

Ngabinzeke, J.S., Linchant, J., quevauvillers, S., Kahindo Muhongya, J.-M., Lejeune, P., Vermeulen, C., (10 mars 2016). Potentiel des véhicules aériens sans pilote dans la détection des activités humaines illégales dans les aires protégées en République Démocratique du Congo. *NRC Research Press*, n°4, pp. 151-159.

Ordonnance sur la géoinformation du 21 mai 2008 (OGéo), RS 510.620. Disponible sur : <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20071088/index.html> (consulté de 20.06.2017).

Ordonnance sur les réserves d'oiseaux d'eau et de migrateurs d'importance internationale et nationale du 21 janvier 1991 (Etat le 15 juillet 2015) (OROEM), RS 922.32. Disponible sur : <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/19910014/> (consulté le 20.05.2017).

Ordonnance sur la signalisation routière du 5 septembre 1979 (Etat le 15 janvier 2017) (OSP), RS 741.21. Disponible sur : <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/19790235/index.html> (consulté le 20.06.2017).

Parrot. *Sequoia : Capture the invisible* [flyer]. Disponible sur : <https://www.parrot.com/uk/business-solutions/parrot-sequoia#parrot-sequoia->

Parrot (2016, février). *Parrot révolutionne l'agriculture de précision. Sequoia : un capteur multispectral high-tech miniaturisé et adaptable à tous les drones consumer*. Disponible sur : <https://corporate.parrot.com/fr/communiquésdepresse/communiqués2016/parrotpresentesequoiauncapteurdehauteprecisionpourlesdronesagricoles>

Pouget, F., Guillot, B., (2015) *Les drones, de nouvelles perspectives dans les applications de suivi du littoral*. [Présentation]. Université de la Rochelle, France

Puissant, A., Weber, C., (2013). Les images à très haute résolution, une source d'information géographique en milieu urbain ? État des lieux et perspectives. *L'Espace géographique* 2003/4 (n° 32), p. 345-356. DOI 10.3917/eg.324.0345

Préposé cantonal à la protection des données et à la transparence (3 août 2015). *Les drones : aspects juridiques et pratiques* [fiche info du PPDT]. Disponible sur : <https://www.ge.ch/ppdt/fiches-info/welcome.asp> (Consulté le 20.06.2017).

Ragia, L., (janvier 2017). *Intruduction of photogrammetry*. [Support de cours]. Université de Genève, Suisse.

Règlement d'application de la loi sur la faune du 13 avril 1994 (entrée en vigueur le 21 avril 1994) (RFaune), M 5 05.01. Disponible sur : [https://www.geneve.ch/legislation/rsg/f/s/rsg\\_M5\\_05P01.html](https://www.geneve.ch/legislation/rsg/f/s/rsg_M5_05P01.html) (consulté le 20.05.2017).



Règlement d'application de la loi sur l'information du public, l'accès aux documents et la protection des données personnelles du 21 décembre 2011 (entrée en vigueur le 29 décembre 2011) (RIPAD), RSGe A 2 08.01. Disponible sur : [http://www.ge.ch/legislation/rsg/f/rsg\\_a2\\_08p01.html](http://www.ge.ch/legislation/rsg/f/rsg_a2_08p01.html) (consulté le 20.06.2017).

République et canton de Genève DETA-DGAN- Service de la conservation de la nature et du paysage & GREN Sarl (2016, octobre). Réserves naturelles du canton de Genève, réalisation de photographies aériennes – Offre de prestations [Document interne].

Romy, M., (2016). *Traitement et analyse de données saisies par drone quadricoptère pour la mensuration* [Travail de brevet]. Association des organismes responsable géomaticiens /géomaticiennes Suisse

Rose, H. (2012). Processus de création de nuages de points par corrélation d'images. *Revue XYZ*, n°131, pp.19-23.

Roselli, S., (2107, 14 juin). Skyguide veut cadrer les vols de drones. *24 heures*. Disponible sur : <http://mobile2.24heures.ch/articles/5940bf31ab5c372357000001> (consulté le 20.05.2017).

Rosu, A.-M., Pierrot-Deseilligny, M., Delorme, A., Binet, R., &Klinger, Y. (2014). Measurement of ground displacement form optical satellite image correlation using the free open-source software MicMac. *ISPRS J. Photogram and Remote Sensing*. Disponible sur : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924271614000653>

Roux, B. *Acteurs et perspectives dans le domaine des drones civils*. L'avion J'aune SARL. Disponible sur : <https://tunidrone2015.sciencesconf.org/82395/document> (consulté le 06.04.2017).

Rupnik, E., Daakir, M., Deseilligny M.-P. (2017). *MicMac – a free, open-source solution for photogrammetry*. *Open Geospatial Data, Software and Standards*. Disponible sous: <https://opengeospatialdata.springeropen.com/articles/10.1186/s40965-017-0027-2>

Seydtaghia, A., (2017, 13 février). SenseFly pourra faire voler ses drones sans limite. *Le temps*. Disponible sur : [https://www.letemps.ch/economie/2017/02/13/sensefly-pourra-faire-voler-drones-limite?utm\\_source=twitter&utm\\_medium=share&utm\\_campaign=article](https://www.letemps.ch/economie/2017/02/13/sensefly-pourra-faire-voler-drones-limite?utm_source=twitter&utm_medium=share&utm_campaign=article) (consulté le 20.05.2017).

SITG (2017). *Le SITG : définition*. [Page web]. Disponible sur <http://ge.ch/sitg/le-sitg> (consulté le 12.03.2017).

SITG (2017). *Carte professionnelle* [Page web]. Disponible sous : <https://www.etat.ge.ch/geoportail/pro/?mapresources=NATURE> (consulté le 20.06.2017).

Skyguide (2017). *Vols spéciaux* [Page web]. Disponible sur : <https://www.skyguide.ch/fr/services/vols-speciaux/>

Vigneau, N., Chéron, C., Verger, A., Baret, F., (2014). *Imagerie aérienne par drone : exploitation des données pour l'agriculture de précision*. Colloque scientifique francophone : Drones et moyens légers aéroportés d'observation. France : Montpellier.

# 10. Annexes

## 10.1. Attestation d'assurance responsabilité civile



### Attestation d'assurance

**Responsabilité civile d'entreprise et de produits**  
N° de police 14.658.327

**Remarque:** La présente attestation d'assurance n'est délivrée qu'à titre d'information et ne confère aucun droit au titulaire. Elle ne constitue ni une modification ni un complément de la police précitée. Dans tous les cas, seules les conditions d'assurance applicables sont déterminantes, indépendamment de toute autre exigence en rapport avec l'établissement de cette attestation. La somme d'assurance indiquée ne peut pas être mise intégralement à disposition en cas de sinistres indemnisés ou en raison de franchises ou de sous-limites convenues pour certaines couvertures.

AXA Assurances SA certifie accorder au preneur d'assurance la couverture d'assurance, selon les dispositions contractuelles convenues, pour la responsabilité fondée sur les conditions légales en matière de responsabilité en cas de

- **dommages corporels** (mort, lésions corporelles ou autres atteintes à la santé de personnes);
- **dommages matériels** (destruction, endommagement ou perte de choses).

<b>Preneur d'assurance</b>	République et Canton de Genève Assurances de l'Etat de Genève DF - Direction générales des finances de l'Etat Case postale 3937 1211 Genève 3	
<b>Risque assuré</b>	Détenteurs de drones et de modèles réduits d'aéronefs (selon art 5.37 CPA)	
<b>Somme d'assurance</b>	CHF 10'000'000	somme forfaitaire par événement, incluant les dommages corporels, les dommages matériels et les frais assurés
<b>Maximisation</b>	garantie unique	par année d'assurance
<b>Validité territoriale</b>	Monde entier	
<b>Début / échéance de la police</b>	01.01.2017 - 31.12.2019 Sous réserve d'une résiliation anticipée par l'une ou l'autre des parties.	

Lausanne, le 24 mai 2017

Alain Auberson  
Responsable d'équipe

AXA Winterthur  
Ch. de Primerose 11, Case postale 7735, CH-1002 Lausanne  
AXA Assurances SA

100% recycled paper

## 10.2. Extrait du communiqué de presse du Conseil d'Etat

*PPCE 27 mai 2015*

Page 12

Nouvelle réglementation concernant les drones

Le Conseil d'Etat a adopté une modification du règlement d'exécution de la loi fédérale sur l'aviation s'agissant des drones civils. En raison du développement technologique extrêmement rapide de ces appareils, le Conseil d'Etat a estimé qu'il était nécessaire et relativement urgent, notamment sous l'angle de l'ordre public, de faire usage des compétences que le droit fédéral laisse aux cantons, dans l'attente d'une indispensable révision de la législation fédérale qui risque de prendre encore un certain temps. La révision proposée se limite à introduire dans le règlement un chapitre III composé de deux articles.

Le premier a pour buts :

- d'interdire, dans le cadre des prérogatives octroyées aux cantons par la Confédération, l'utilisation de drones d'un poids allant jusqu'à 30 kg à moins de 300 mètres des bâtiments publics, et notamment des établissements pénitentiaires et autres lieux de détention, du Palais de justice et autres bâtiments utilisés par le pouvoir judiciaire, des bâtiments et postes de police et des organisations internationales;
- de permettre au département de la sécurité et de l'économie de décréter d'autres zones d'interdiction temporaire, notamment en cas de conférences internationales ou de grands rassemblements de personnes, ou encore à proximité de certaines missions diplomatiques, sur recommandation de l'autorité fédérale.

Le deuxième article précise que celui qui contrevient aux interdictions précitées sera puni de l'amende.

Cette nouvelle réglementation n'a pas pour but de régler tous les problèmes qui se posent en matière d'utilisation de drones et elle sera certainement appelée à se modifier régulièrement au fil des évolutions en la matière et en fonction des analyses des autorités internationales et nationales spécialisées.

### 10.3. Procédure d'autorisation de vol auprès de la police cantonale genevoise

La démarche d'autorisation de vol, présentée par la police, s'effectue en trois étapes :

- Une première demande "générale", indiquant la zone du vol et la période durant laquelle le vol est prévu devra être transmise. Durant la période indiquée, l'opérateur aura le droit d'effectuer 5 vols pour une somme de 150frs. Cout 15CHF pour la vérification de la zone, mais il n'y a pas de nombre limité de vol.
- Une deuxième demande doit être faite juste avant le vol afin de préciser l'heure et la date exacte du vol. Cette demande doit être faite au plus tard deux jours avant le vol. Si le vol devait avoir lieu un week-end, la demande doit parvenir avant 16h00 le jeudi précédant le week-end.
- Le jour du vol, l'opérateur doit téléphoner au Centre d'opération et de planification (COP) ou à la centrale de police au début, ainsi qu'à la fin du vol, en indiquant le numéro de vol qui aura été transmis lors de la pré-autorisation. La police doit confirmer l'autorisation de vol lors du téléphone, elle est également en mesure de refuser.

Au COP en semaine de 07h30 à 18h00 au 022 427 54 40

Le week-end et le soir directement auprès de la centrale au 022 427 81 11

Service d'urgence 24h/24h

Après discussion avec M. Patric Moret, Département de la Sécurité et de l'Economie, Direction des Opérations, Centre de Opération et de Planification, en charge des autorisations sur le canton de Genève. Il a précisé qu'il ne serait pas possible d'alléger les démarches de demande d'autorisation, cependant une négociation pourrait être ouverte concernant les coûts de dossier (habituellement de 150frs par demande).

## 10.4. Eléments de l'entretien avec la police cantonale

La police cantonale a déposé un projet d'investissement, contenant dans le paquet un drone, qui a été accepté (Le journal du matin RTSinfo, 22 décembre 2016).

Il souhaite investir dans un engin capable de voler par tous les temps (vent, pluie) et de nuit. Le drone devra contenir un parachute car le drone devra probablement voler proche de personne.

Deux options, quant au choix du matériel, a été avancés :

- Le premier modèle est un drone professionnel, entre le modèle militaire et civil, à environ 125'000CHF, uniquement disponible aux Etat Unis. Cet aspect pose problème au niveau de la réparation ou lors de commande de pièces de rechange. De plus, étant donné que ce modèle est très spécifique, s'il n'est plus produit, il ne sera plus possible de le réparer facilement, et les logiciels ne seront plus mis à jour. De plus, ils ont peur que s'ils investissent dans un modèle aussi cher, les opérateurs n'osent pas l'utiliser par peur de l'abimer.
- Le deuxième modèle en vue est le DJI WIND 1. Ce drone est résistant au vent et à la pluie. Plusieurs capteurs peuvent y être accrochés selon les besoins (normal ou thermique par exemple). De plus, le coût de cet appareil est raisonnable (environ 5'000.-), de ce fait les opérateurs auront moins de crainte à l'utiliser.

Dans le cas où l'Etat investirait dans un drone, ils trouvent très intéressant de mettre en place une équipe drone, non seulement au niveau de la formation et de l'expérience des pilotes, mais également d'un point de vue communication. En effet, les relations entre l'équipe drone, la police cantonale et skyguide serait ainsi facilitée.

L'idée de la création d'une boîte mail directe entre l'équipe drone et la police cantonale, facilitant ainsi les demandes d'autorisation de vol, a été lancée. De plus, d'autres simplifications des procédures pourraient être réfléchit. Dans ce sens, si ce projet devait aller de l'avant des négociations pourrait être entrepris avec la police locale.

Dans leur cas, ils vont mettre en place des procédures de vol « striques ». Il devra toujours y avoir deux personnes lors des vols de drones, dont une personne HS (hélicoptère) afin d'avoir une vision plus large et de connaître les dangers du ciel.

Finalement, les demandes d'autorisation de vol sont gérées au cas par cas et en temps réel, car certaines zones sont plus sensibles de d'autres.



## 10.5. Premier questionnaire

### Etude sur l'utilisation des drones

La direction de la mensuration officielle du canton de Genève lance une étude sur l'utilisation du drone au sein des services et départements de l'Etat de Genève et des partenaires SITG.

La DMO souhaite évaluer la place que les drones ont actuellement dans l'acquisition des données, ainsi que les besoins auxquels ils pourraient répondre dans un futur proche.

En vous remerciant d'avance pour votre contribution, la DMO vous présente ses cordiales salutations.

---

1. Quel est votre service / département ou entreprise ?
2. Quel est votre domaine d'activité ?
  - Mensuration
  - Agriculture
  - Forêt
  - Construction
  - Archéologie
  - Mobilité
  - Education
  - Genis Civil
  - Architecture
  - Urbanisme
  - Autre
3. Merci de bien vouloir indiquer votre adresse mail, afin que nous puissions vous recontacter en cas de besoins de précisions sur vos réponses :
4. Utilisez-vous un drone ou des données issues du drone dans le cadre de vos activités ?  
*Si oui, merci de répondre à la question n°5, puis de passer à la question n°7*  
*Si non, merci de passer directement à la question n°6*
5. Répondez aux questions n°5 a - b - c -d uniquement si vous avez répondu "OUI" à la question n° 4, sinon passez directement à la question n°6.
  - a) Pour quel(s) usage(s) utilisez-vous le drone ?
  - b) A quelle fréquence utilisez-vous le drone ?
    - Une à plusieurs fois par semaine
    - Une à plusieurs fois par mois
    - Une à plusieurs fois par an
  - c) A qui appartient le drone utilisé dans l'acquisition des données ?
    - Vous utilisez votre propre drone
    - Vous mandatez une entreprise spécialisée pour l'acquisition de vos données par drone
    - Vous louez ou empruntez un drone
    - Autre

- d) Qui traite les données acquises par le drone ?
- Vous traitez vous-même les données issues du drone
  - Vous mandatez une entreprise spécialisée pour le traitement de vos données issues du drone
6. Répondez aux questions n°6 a - b - c uniquement si vous avez répondu "NON" à la question n°4.
- a) Est-ce que le drone pourrait vous être utile dans le cadre de vos activités ? Oui / Non
- b) Si oui, pour quel(s) usage(s) le drone vous serait-il utile ?
- c) Si oui, quelle serait la fréquence d'utilisation du drone dans le cadre de vos activités ?
- Une à plusieurs fois par semaine
  - Une à plusieurs fois par mois
  - Une à plusieurs fois par an
7. Votre service / département / entreprise serait-il/elle intéressé(e) à initier et partager des réflexions sur l'intégration du drone dans vos activités ? Oui / Non
8. Si oui, seriez-vous intéressés à prendre part, dans le cadre de cette étude, ...
- à un entretien
  - à un questionnaire plus détaillé
9. Si vous êtes intéressés à prendre part à cette étude, merci de nous fournir vos coordonnées ou les coordonnées d'une personne de contact au sein de votre service / département / entreprise.
10. Vous pouvez nous faire part de vos remarques ci-dessous.

Lien pour accéder au questionnaire : <https://etudedronedmo.typeform.com/to/TYBKZw>

## 10.6. Résultats premier questionnaire

Nom département / entreprise	Domaines	Adresse mail	Utilisez-vous un drone ou des données issues du drone dans le cadre de vos activités?	Pour quel(s) usage(s) utilisez-vous le drone?	A quelle fréquence utilisez-vous le drone?	A qui appartient le drone utilisé dans l'acquisition des données?	Qui traite les données acquises par le drone?	Est-ce que le drone pourrait vous être utile dans le cadre de vos activités?	Si oui, pour quel(s) usage(s) le drone vous serait-il utile?	Si oui, quelle serait la fréquence d'utilisation du drone dans le cadre de vos activités?	Etes-vous intéressés à partager des réflexions sur l'intégration du drone dans vos activités?	à un entretien // à un questionnaire plus détaillé
CERN		youri.robert@cern.ch	Oui			Vous utilisez votre propre drone					Oui	à disposition
DALE - DMO	Mensuration / Education	jose.lopez@etat.ge.ch	Non					Oui	Mensuration(plani/Alti)/Orthophoto à jour(actualité des données)/Mesure 3D/Maquettes 3D/...	Une à plusieurs fois par mois	Oui	à un entretien // à un questionnaire plus détaillé
DALE - Office Patrimoine Sites OPS - Service d'archéologie	Archéologie	gionata.consagra@etat.ge.ch	Oui	photos et orthophotos par photogrammétrie (Photoscan-Agisoft)	Une à plusieurs fois par an	Vous utilisez votre propre drone	Vous traitez vous-même les données	Oui	photos, vue d'un chantier, d'un site, d'un ou plusieurs bâtiments, photogrammétrie	Une à plusieurs fois par an	Oui	à un entretien
DALE - Office Patrimoine Sites OPS - Service de l'inventaire des monuments d'art et d'histoire IMAH	Architecture // Histoire de l'art	matthieu.delacorbriere@etat.ge.ch	Non					Oui		Une à plusieurs fois par an	Oui	à un entretien // à un questionnaire plus détaillé
DALE - OfficeUrbanisme - Direction générale de l'office de l'urbanisme - Direction administrative et financière	Urbanisme	christophe.salmon@etat.ge.ch						Oui	Prises de vues aériennes (4-5x an)			
DALE - OfficeUrbanisme - Direction Planification directrice cantonale et régionale - Service du plan directeur cantonal	Urbanisme	marie-sophie.aubert@etat.ge.ch	Non					Oui	photos aériennes, mensuration, identification de certains programmes (commerciaux ou industriels par	Une à plusieurs fois par an	Oui	à un entretien // à un questionnaire plus détaillé
DETA - DGAgricultureNature DGAN - Secteur des services généraux	Agriculture	jan.borgeaud@etat.ge.ch	Non					Oui	Définir les limites des parcelles culturales	Une à plusieurs fois par mois	Oui	à un entretien // à un questionnaire plus détaillé
DETA - DGAgricultureNature DGAN - Service de la biodiversité	Agriculture // Forêt // Nature	joelle.massy@etat.ge.ch	Oui	Prise de vue panoramique, suivi de travaux	Une à plusieurs fois par an	Vous mandatez une entreprise spécialisée	Vous mandatez une entreprise spécialisée				Oui	à un entretien // à un questionnaire plus détaillé
DETA - DGAgricultureNature DGAN - Service de l'agronomie	Agriculture	florian.favre@etat.ge.ch	Non					Oui	Cartographie et visualisation de parcelles viticoles, informations plus précises qu'un satellite.	Une à plusieurs fois par an	Oui	à un entretien // à un questionnaire plus détaillé
DETA - DGAgricultureNature DGAN - Service de l'espace rural	Agriculture	jean-marc.sermet@etat.ge.ch	Non					Oui	Utilisation du sol et limites culturales	Une à plusieurs fois par an	Oui	à un entretien
DETA - DGEau - Service de la planification de l'eau SPD - Secteur gestion intégrées des eaux	Gestion des eaux / assainissement	frederic.bachmann@etat.ge.ch	Non					Oui	Réalisation d'image à des fins de formation ou de communication	Une à plusieurs fois par an	Oui	à un questionnaire plus détaillé
DETA - DGEau - Service de la planification de l'eau SPD - Secteur gestion intégrées des eaux	Eau	fabrice.roth@etat.ge.ch	Oui	Photos aérienne dans le cadre de gros travaux de renaturation	Une à plusieurs fois par an	Vous mandatez une entreprise spécialisée	Vous mandatez une entreprise spécialisée				Oui	à un questionnaire plus détaillé
DETA - DGEau - Service de l'écologie de l'eau SECOE - Secteur dynamique de l'eau	Hydraulique	etienne.monbaron-jalade@etat.ge.ch	Oui	Relevés géométriques de profils de rivières et de dépôts de graviers	Une à plusieurs fois par an	Vous mandatez une entreprise spécialisée	Vous mandatez une entreprise spécialisée	Oui	Relevés géométriques de rivières - Photos de l'évolution de la morphologie	Une à plusieurs fois par an	Oui	à un entretien
DETA - DGEau - Service de l'écologie de l'eau SECOE - Secteur protection des eaux	Cours d'eau et Lac Léman	paulo-miguel.lobes@etat.ge.ch	Non					Oui	Il pourrait être utile pour les suivis écomorphologiques des cours d'eau et du lac	Une à plusieurs fois par an	Oui	à un questionnaire plus détaillé
DETA - DGEau - Service de l'écologie de l'eau SECOE - Secteur protection des eaux	Protection de pollution des eaux	emmanuel.farinoli@etat.ge.ch	Non					Oui	Localisation de canalisation, contrôle d'exutoires	Une à plusieurs fois par mois	Oui	à un entretien // à un questionnaire plus détaillé
DETA - DGEau - Service de l'écologie de l'eau SECOE - Secteur protection des eaux	écologie de l'eau	vincent.ebener@etat.ge.ch	Non					Oui	recherche de pollution, cartographie des cours d'eau	Une à plusieurs fois par mois	Oui	à un entretien
DETA - DGEau - Service de l'écologie de l'eau SECOE - Secteur protection des eaux	écologie de l'eau	vincent.ebener@etat.ge.ch	Non					Oui	Surveillance des secteurs de dangers, mesurage des gravières, décharges, etc. .	Une à plusieurs fois par an	Oui	à un entretien
DETA - DGEau - Service de l'écologie de l'eau SECOE - Secteur protection des eaux	Géologie, sols et déchets	sabrina.serier@etat.ge.ch	Non					Oui	communication de projet, par exemple : localiser, matérialiser certains projets emblématiques	Une à plusieurs fois par an	Oui	à un entretien
DETA - DGTransports - Direction de la planification	Mobilité // Urbanisme	adrien.mulon@etat.ge.ch	Non					Oui			Oui	à un entretien
DETA - GDGénieCivil - Direction des ponts et chaussées	Génie civil	christian.gorce@etat.ge.ch	Oui	Relevé de niveau	Une seule utilisation pour l'instant	Vous mandatez une entreprise spécialisée	Vous mandatez une entreprise spécialisée	Oui	Inspection d'ouvrages d'art, relevés de terrain, photos aériennes	Une à plusieurs fois par an	Oui	à un entretien // à un questionnaire plus détaillé
DF - Office des bâtiments OBA - Direction des rénovations	Construction // Génie civil // Architecture	sandro.simioni@etat.ge.ch	Non					Oui	prises de vues aériennes des bâtiments pour des présentations (communication concernant les projets	Une à plusieurs fois par an	Oui	à un questionnaire plus détaillé
DIP - Service de la recherche en éducation SRED	Education	dominique.gros@etat.ge.ch	Non					Non			Non	
DSE	Police	philippe.couturier@police.ge.ch										à un entretien
HE - HEPIA, institut inPACT, groupe de recherche MIP	Agriculture // Forêt // Education // Mobilité // Génie civil // Architecture // Urbanisme	alain.dubois@hesge.ch	Oui	orthophotos, mns, cartographie de la végétation	Une à plusieurs fois par an	Vous utilisez votre propre drone	Vous traitez vous-même les données				Oui	à un entretien // à un questionnaire plus détaillé
HE - UNIGE	Géologie	stephanie.favre@unige.ch	Non					Oui	Surveillance d'instabilité de terrains, de chantiers, de cours d'eau	Une à plusieurs fois par mois	Non	
HE - UNIGE	Géologie	maud.brentini@unige.ch	Non					Oui	Surveillance des falaises, cours d'eau, des rives,...	Une à plusieurs fois par mois	Non	
Privé: Infomaniak	Communication	cmeissner@infomaniak.ch	Non					Non			Non	
Privé: Buffet Boymond SA - Géomètres	Mensuration // construction	d.boymond@bbsa-geo.ch	Oui	Plan topographique, suivi de gravière, cubatures, relevé de façade,...	Une à plusieurs fois par an	Vous utilisez votre propre drone // Vous mandatez une entreprise spécialisée	Les deux cas (traitement à l'interne + mandats) selon l'importance le type de travail				Oui	à un entretien
Privé: Stojan Voumard	Graphisme	david@stojan-voumard.com	Oui	Film	Une à plusieurs fois par an	Vous mandatez une entreprise spécialisée	Vous mandatez une entreprise spécialisée	Oui	Film	Une à plusieurs fois par an	Oui	à un questionnaire plus détaillé
Privé: SG Nature	Mensuration // Agriculture // Forêt // Environnement	info@sgnature.ch	Non					Oui	Orthophoto datant du jour de l'étude.	Une à plusieurs fois par an	Non	
Privé: HKD Géomatique	Mensuration // construction // Génie civil // Architecture	info@hkd-geomatique.com	Oui	Orthophoto (terrain et façades) - MNT - Calcul volume	Une à plusieurs fois par mois	Vous utilisez votre propre drone	Vous traitez vous-même les données				Oui	à un entretien
Privé: Genius Skytech	Mensuration // Thermographie	info@genius-skytech.com	Oui	Réalisation de métrés (plan 2D), cubature (modèles 3D), thermographie, vidéos et photos classiques	Une à plusieurs fois par semaine	Vous utilisez votre propre drone	Vous traitez vous-même les données	Oui	Ceux mentionnés au point précédent	Une à plusieurs fois par semaine	Oui	à un entretien // à un questionnaire plus détaillé
Privé: Envirosp Biologie-géomatique	Nature	sophie.pasche@envirosp.ch	Non					Oui	Prise de cliché de l'évolution de la végétation, état des lieux avant et après un chantier		Non	
SIG	Mensuration // Géomatique	Rodolphe.fahrni@sig.ge.ch	Oui	Pour les projets de construction ou de renovation d'ouvrage existant ( mandat externe )	Une à plusieurs fois par an	Vous mandatez une entreprise spécialisée	Vous mandatez une entreprise spécialisée	Oui	Pour l'exploitation et le suivi de construction d'ouvrage. Pour l'inspection des lignes aériennes	Une à plusieurs fois par an	Oui	à un entretien // à un questionnaire plus détaillé
SIG	Réseaux	patrice.poirier@sig.ge.ch	Non					Oui	Etats des lieux 3D	Une à plusieurs fois par an	Oui	à un entretien
Swisstopo	Mensuration	tobias.kellenberger@swisstopo.ch	Oui	Phase d'évaluation pour: Mapping: 3D Object mapping; rapid mapping	Une à plusieurs fois par mois	Vous utilisez votre propre drone	Vous traitez vous-même les données				Oui	à un entretien
Thonon Agglomération	Gestion des milieux aquatiques	m-guillet@thononagallo.fr	Oui	Photos de chantier	Une à plusieurs fois par an	Vous mandatez une entreprise spécialisée	Vous traitez vous-même les données		On utilise tout simplement les images sans géoréférencement.		Oui	à un entretien
VilleGE - Service Incendie Secours	Incendie/secours /sauvetage	David.Mautone@ville-ge.ch	Oui	Formation et archives interventions, com.media.	Une à plusieurs fois par an	Vous utilisez votre propre drone	Vous traitez vous-même les données	Oui	Suivi des interventions. Pour des RETEX.	Une à plusieurs fois par an	Oui	à un entretien
VilleGE - Service Incendie Secours	Forêt // Construction // Education // Mobilité // Génie civil // Architecture // Urbanisme	ludger.hoffmann@ville-ge.ch	Oui	Suivi de l'état des bâtiments historiques, photos aériennes	Une à plusieurs fois par an	Vous mandatez une entreprise spécialisée // Vous touez ou empruntez un drone	Vous traitez vous-même les données				Oui	à un questionnaire plus détaillé

## 10.7. Deuxième questionnaire

### Identification des besoins et caractéristiques techniques

#### Présentation de l'étude

Dans le cadre de l'étude sur l'opportunité d'acquérir un drone de haute précision pour les services de l'état, ainsi que les partenaires SITG, la Direction de la mensuration officielle du canton de Genève a évalué, sur la base du premier questionnaire auquel vous avez participé, la place que les drones ont actuellement dans l'acquisition des données, ainsi que les besoins auxquels ils pourraient répondre dans un futur proche. Une liste des besoins a pu être dressée et les acteurs intéressés identifiés.

A présent, la DMO souhaite aller plus loin en déterminant, à l'aide de ce deuxième questionnaire, les caractéristiques techniques (matériel, données attendues) nécessaires pour répondre aux besoins identifiés.

La DMO pourra ensuite étudier les produits existants sur le marché, afin d'évaluer les options techniques et financières possibles.

#### Informations générales

1. Vos coordonnées : adresse email, téléphone
  
2. De quel service êtes-vous ?
  
3. Quelle(s) méthode(s) de mesure et outil(s) ont été utilisés jusqu'à présent pour répondre aux besoins auxquels les drones pourraient répondre ("manière traditionnelle") ? Merci d'indiquer la résolution, précision, etc.

Par exemple : Orthophoto, résolution de 5cm, précision plani de 5 cm, renouvellement 3-4ans.

- a.
  - b.
  - c.
  - d.
- 
4. Dans quel(s) type(s) d'environnement les prises de données s'effectueront ?
    - a.  Agricole
    - b.  Urbain
    - c.  Forestier
    - d.  Autour d'un bâtiment / ouvrage d'art

- e.  Autour d'une statue
- f.  A l'intérieur d'un bâtiment
- g.  Autre :

5. Quelle précision de géoréférencement est nécessaire ?

- a.  < 2 cm
- b.  2 cm – 4 cm
- c.  5 cm – 10 cm
- d.  10 cm – 30 cm
- e.  30 cm – 50 cm
- f.  50 cm – 1 m
- g.  1 m – 3 m
- h.  Pas besoin de géoréférencement
- i.  Autre :

6. Quelle est le type de la zone de couverture ?

- a.  Ponctuel : Bâtiment / statue
- b.  Linéaire
- c.  Surfaccique

7. Pour des zones surfacciques, quelle est la surface moyenne de la zone de couverture ?

- a.  Parcelle : 500 – 1'000m<sup>2</sup>
- b.  Champ : 1'000 – 10'000m<sup>2</sup>
- c.  Quartier, forêt : 0,01 – 1 km<sup>2</sup>
- d.  Autre :

8. Quel est le type des données attendues ?

- a.  Nuage de points
- b.  Photo orientée
- c.  Orthophoto / orthomosaique
- d.  Photographie thermiques
- e.  Photographie infrarouge
- f.  Photographie classiques
- g.  Vidéo
- h.  Autre :

9. Quel type de capteur auriez-vous besoin ?

- a.  Spectre visible (RVB)
- b.  Proche infrarouge (NIR)

- c.  Très proche infrarouge (RE)
- d.  Thermique
- e.  Caméra vidéo
- f.  Lidar
  
- g.  Autre :

10. Quel angle de prise de vue est nécessaire ?

- a.  Prise de vue verticale en plongée (depuis le haut)
- b.  Prise de vue verticale en contre-plongée (depuis le bas)
- c.  Prise de vue horizontale (90°)
- d.  Prise de vue oblique
- e.  Remarques ou précision sur l'angle de prise de vue :

11. Quel type d'angle / focale (en mm) du capteur est nécessaire ?

- a.  Petit angle (= grande focale > 50mm) : l'objectif réduit notre champ de vision et nous donne l'impression de nous rapprocher des sujets éloignés.
- b.  Grand angle (= petite focale < 50 mm) : l'objectif permet de voir plus large que ce que nos yeux voient. Grand angle = entre 24mm et 28mm // super grand angle = <24.
- c.  Remarques ou précision de la focale utilisée :

12. Quelle résolution spatiale (taille du pixel au sol exprimée en [m] ou en [cm]) auriez-vous besoin ?

A titre comparatif, l'orthophoto 2016 disponible sur le site SITG est à 5cm / pixel

- a.  Très haute résolution spatiale : <1 cm / pixel
- b.  Haute résolution spatiale : 1 à 5 cm / pixel
- c.  Petite résolution spatiale : 5 à 10 cm / pixel
- d.  Remarques ou précision la résolution spatiale nécessaire :

13. Nuages de points :

- a. Quelle densité de points par m<sup>2</sup> auriez-vous besoin ?
  
- b. Quelle précision altimétrique auriez-vous besoins ?

14. Si vous avez déjà utilisé un drone,

- a. Quel était le modèle du drone et le(s) capteur(s) ?
  
- b. Avez-vous été satisfait par ces choix ?
  - i.  oui
  - ii.  non
  - iii. Pourquoi ?

15. Si vous avez déjà traité des données issues du drone,

- a. Quel(s) type(s) de traitement avez-vous effectués (classification de nuage de point, orthophoto, amélioration des images, etc.)
- b. Quel logiciel avez-vous utilisé pour la planification du plan de vol ?
- c. Avez-vous été satisfait par ce choix ?
- i.  oui
  - ii.  non
  - iii. Pourquoi ?
- d. Quel logiciel avez-vous utilisé pour le traitement des données ?
- e. Avez-vous été satisfait par ce choix ?
- iv.  oui
  - v.  non
  - vi. Pourquoi ?
16. La législation suisse et genevoise peut être plutôt contraignante lorsqu'il s'agit de faire voler un drone. En effet, les vols de drone sur le canton de Genève doivent répondre à plusieurs réglementations et faire l'objet de plusieurs demandes, telles que celles de l'Office fédérale de l'aviation civil OFAC, de Skyguide et du Canton de Genève, ou encore plusieurs autres documents législatifs (par exemple: la loi fédérale sur la protection des données (LPD), l'ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB; RC 814.41) et la protection de la faune sauvage et des oiseaux).
- Vous pouvez retrouver le résumé des directives de l'Office fédéral de l'aviation civile: [Directives de l'OFAC](#)
- De plus, selon l'ordonnance du DETEC (*art. 17, al. 2, let. a et b de l'ordonnance du DETEC - OACS; RS 748.941*), **des zones de restriction** de vol ont été édifiées : «*L'exploitation des modèles réduits d'aéronefs et de drones d'un poids compris entre 0.5 et 30 kg est interdite à une distance de moins de 5 km des pistes d'un aérodrome civil ou militaire de même que dans les zones de contrôle (CTR), s'ils dépassent une hauteur de vol de 150 m au-dessus du sol* ».
- Ces zones de restriction de vol peuvent être visualisées sur la carte ci-joint: [Carte des restrictions](#)
- Finalement, depuis le mois de mai 2015, le Conseil d'Etat a adopté une modification du règlement d'exécution de la loi fédérale sur l'aviation disant que l'utilisation de drones d'un poids allant jusqu'à 30 kg est interdite à moins de 300 mètres des bâtiments publics, en particuliers des établissements pénitentiaires et lieux de détention, du Palais de justice et bâtiments utilisés par le pouvoir judiciaire, des bâtiments et postes de police, ainsi que des organisations internationales. Il est également possible que des interdictions de vol soient annoncées sur certaines zones dû à des manifestations ou rencontres internationales.

De manière résumée, les démarches à entreprendre avant d'effectuer un vol sont les suivantes :

- ❖ Vérification des règles de l'OFAC et autres lois et ordonnances fédérales présentées ci-dessus.



- Déposer une demande spéciale en cas de dérogation
- ❖ Vérification des zones de restriction de vol et hauteur de vol, ainsi que des conditions Skyguide.
  - Déposer une demande d'autorisation auprès de Skyguide
- ❖ Vérification des règles édictées par le canton de Genève
  - Déposer une demande d'autorisation générale de vol sur une zone (coût de 150frs pour 5 vols)
  - Spécification de la précédente demande d'autorisation avec précision des vols (date et heure)
- ❖ Le jour du vol : téléphoner au début du vol ainsi qu'à la fin du vol en indiquant le numéro du vol à :
  - La police cantonale
  - Skyguide

Est-ce que l'aspect légal et les démarches nécessaires à l'utilisation de drone est un frein pour vous ?

- a.  oui
- b.  non
- c. Pourquoi ?

17. Dans hypothèse où nous serions actuellement en possession d'un drone, quels seraient vos besoins concrètement pour l'année à venir (merci d'indiquer le besoin, le projet associé, le type de prise de donnée et la superficie)?

- a.
- b.
- c.
- d.

18. Concernant la suite du projet :

- a.  Vous être intéressés à aller plus loin dans ce projet (mutualiser l'achat, louer des prestations, partage de compétence, etc.)
- b.  Vous être intéressés à rester uniquement une personne de contact en cas d'information.
- c.  Vous ne souhaitez pas aller plus loin dans ce projet.

19. Remarques diverses :

## 10.8. Synthèse des entretiens

### 10.8.1. DALE – Direction de la mensuration officielle (DMO) – Jose Lopez

Les méthode(s) de mesure et outil(s) utilisés jusqu'à présent pour répondre aux besoins du service sont :

- Relevé de terrain à 1cm de précision de manière permanente ;
- Orthophoto à 5cm de précision tous les 4 ans ;
- LiDar à 10cm de précision tous les 4 ans ;
- Photo restituteur 15cm de précision tous les 4 ans.

### Environnement de prise de mesure

- Zone agricole ;
- Zone urbaine ;
- Zone forestière ;
- Autour de bâtiment, d'un ouvrage d'art, d'une statue ;
- A l'intérieur de bâtiment.

### Expérience

- Il a réalisé quelques tests.

### Besoins futurs

- Modélisation "fine" du terrain sur l'ensemble du Canton de Genève (lignes de rupture) ;
- Mise à jour du bâti 3D.

### Remarques

1. Il est intéressé à aller plus loin dans ce projet.

## 10.8.2. DALE – Office du patrimoine et sites OPS – Service d'archéologie – *Gionata Consagra*

Les méthode(s) de mesure et outil(s) utilisés jusqu'à présent pour répondre aux besoins du service sont :

- Orthophoto à 5cm de précision tous les 4 ans
- Photographies à la perche
- Station totale LEICA
- GPS différentiel

### Environnement de prise de mesure

- Zone agricole,
- Zone urbaine,
- Autour de bâtiment ou d'un ouvrage d'art.

### Expérience

Il a réalisé une fois des photographies aériennes et orthophoto à l'aide de son drone personnel, un Phantom 3 professionnel (caméra15) de DJI. La résolution des images, en fonction d'une hauteur de vol choisie, s'est avérée suffisante. Gionata Consagra explique que ce drone est facile à piloter et à transporter. Il a pu réaliser une orthophoto de la zone d'étude à l'aide du logiciel Photoscan.

### Besoins futurs

- Orthophoto et vues obliques des zones d'études (ex : Laconnex).  
Pour le moment, il estime à environ 2 jours par année le nombre de jours d'utilisation du drone.

### Remarques

1. Il ne connaît pas la méthode d'analyse du proche infrarouge pour détecter de potentiels sites archéologique, et est intéressé à essayer cette méthode.
2. Les interventions sont difficilement planifiables longtemps à l'avance, car ils peuvent être appelés à tout moment pour un chantier.
3. Il est intéressé à aller plus loin dans ce projet.

### 10.8.3. DALE – Office du patrimoine et des sites OPS – Service de l’inventaire des monuments d’art et d’histoire IMAH – *Matthieu Delacorbère*

Les méthode(s) de mesure et outil(s) utilisés jusqu’à présent pour répondre aux besoins du service sont :

- Photographies aériennes à basse altitude (par avion) : orthophotos et photos obliques
- Photographies aériennes à très basse altitude (par ballon) : photos obliques
- Photographies traditionnelles à hauteur d’homme

#### Environnement de prise de mesure

- Zone agricole,
- Zone urbaine,
- Zone forestière,
- Autour de bâtiment, d’un ouvrage d’art, d’une statue,
- A l’intérieur de bâtiment.

#### Expérience

Il n’y encore jamais eu d’expérience de relevé par drone. Il ne connaît pas le potentiel de ce qu’il est possible de réaliser avec les drones.

#### Besoins futurs

- Recensement architectural du canton : vues des bâtiments jugés dignes d’intérêt ; vues générales de zones ou de quartiers. Il y a environ 1’200 bâtiments dignes d’intérêt chaque année (le nombre de point de vue reste à définir).
- Recensement architectural des grands domaines : vues de bâtiments ; vues générales de propriétés. Il s’agit d’environ 320 grands domaines pouvant atteindre 10 hectares (environ 80 par année, sur 5 ans). Réaliser par exemple une couverture photo, permettant d’illustrer le patrimoine et ses logiques. (Remarque : il peut y avoir des problèmes d’autorisation d’accès par les prioritaires dans les propriétés pour récolter les images).
- Clichés de 200 bâtiments dans la vieille ville (parution du livre prévu en 2019).
- Etude de la ceinture Fazyste : relevés d’immeubles ; vues d’immeubles ; vues de zones ou de quartiers. Il s’agit d’environ 200 immeubles (parution du livre prévu en 2021).
- Photos d’ensemble / de quartier pour suivre l’évolution et la mutation de quartier, avec un rythme de 2 à 3 ans. Il faut étudier l’option de recourir aux photos obliques prise par avion.

#### Remarques

1. Le service n’a pas les ressources en personnel pour pouvoir effectuer les démarches administratives d’autorisation de vol, ainsi que la réalisation du vol et du traitement des images. Pour lui l’option d’une équipe drone semble actuellement la meilleure option.
2. La mise en place d’une éventuelle collaboration dépendra de l’avis de la direction générale.
3. A titre informatif, actuellement les campagnes de photo coûtent environ 10’000CHF pour un bâtiment et environ 2’000-3’000 CHF pour une façade.
4. La contrainte pour eux est que les vols s’effectueront principalement en milieu urbain, avec le risque de devoir voler entre les câbles électriques et tpg.

5. Dans le cas où des tests devraient être réalisés, ils ont des projets prêts à être lancés.
6. Il est intéressé à aller plus loin dans ce projet.

#### 10.8.4. DALE – Office de l’urbanisme – Direction générale de l’office de l’urbanisme – Direction administrative et financière – *Christophe Salmon* // Direction et planification directrice cantonale et régionale – Service du plan directeur cantonal – *Marie-Sophie Aubert*

##### Environnement de prise de mesure

- Zone agricole,
- Zone urbaine.

##### Besoins futurs

- Documenter l'avancement des travaux des interfaces CEVA (4 gares) : Lancy-Pont-Rouge, Bacht, Chêne-Bourg. Photographies aériennes environ 1 fois par mois pour chacune des gares.
- Recensements de grands projets (ex : Bernex) : état des lieux et avancement
- Projets d'agglomération : illustration des projets et création de documentation pour permettre un retour auprès de la population (ex : Les Cherpines). Photographie aérienne environ 1 fois par mois par projet.
- Zones agricoles : Mesurer les surfaces agricoles pour répondre au quota lors de la réalisation de projet. Environ 1 fois par année.
- Faire une comparaison entre le projet et sa réalisation. (Ex : il était prévu une modification de route dans le PLQ. Le projet prévoyait un aménagement trottoirs, arbres, route, mais dans la réalité ils ont réalisés un périmètre perméable avec un cheminement d'arbre et de verdure... La qualité du projet a été augmenté en comparaison avec le dessin du PLQ. Le but serait alors d'illustrer ce genre de projet entre l'état actuel - le projet PLQ - la réalisation du projet.

##### Remarques

1. Les contraintes légales restreint de manière évidente les possibilités en termes d'utilisation des drones en ville de Genève.
2. Le service est intéressé aux nouvelles technologies dans le domaine de la modélisation du territoire. Elle serait éventuellement prête à participer au projet. Elle propose d'opter pour une location, afin de ne pas consommer de l'investissement, car dans le domaine des drones l'avancée technologique est très rapide. Il faudrait éviter que le matériel soit trop vite dépassé.
3. Soulève l'avantage de cette étude : même si le drone n'est pas acheté, cette étude rappelle les données actuellement à disposition et le potentiel de ces données. Ils trouveraient intéressant et avantageux de mutualiser les données par la création d'un catalogue des données à disposition de tous.
4. Au sein du service d'urbanisme des présentations intitulées "Thema" sont organisées environ 3 fois par mois. Une présentation sur les outils à disposition et leur évolution pourrait être organisée dans ce cadre.
5. Ils sont intéressés à aller plus loin dans ce projet.

### 10.8.5. DETA – Direction générale de l’agriculture et de la nature DGAN – Secteur des services généraux – *Jan Borgeaud*

Les méthode(s) de mesure et outil(s) utilisés jusqu'à présent pour répondre aux besoins du service sont :

- Orthophoto à 5cm de précision tous les 4 ans
- Relevés et observations sur le terrain : identification des types de végétation (blé, orge, maïs, etc.)

Environnement de prise de mesure

- Zone agricole,
- Zone forestière.

Besoins futurs

- Comprendre et savoir ce qui se passe dans la zone agricole (de manière large).
- Détecter les maladies (sur les vignobles, les arbres...) et comprendre comment la maladie s'est reproduite.
- Identification des variétés des cultures (maïs, blé, orge, etc.). Il faudrait mettre en place un système de reconnaissance automatisé des différentes espèces. Les paysans peuvent recevoir des subventions en fonction des surfaces cultivées par espèces. Les semis ont lieu entre mars et avril et les récoltes entre août et septembre.

Remarques

1. La crainte est le traitement des données, car le service n'a pas les compétences et les logiciels pour effectuer ce travail.
2. De plus, il faudrait également développer des outils complémentaires afin d'exploiter au mieux les données issues du drone, tel que l'automatisation des processus par exemple de contrôle des variétés.
3. Problème éthique : L'état est déjà vu comme un vérificateur et un contrôleur par les agricultures, donc pas vraiment optimal dans l'image et du point de vue relationnel avec les agriculteurs (remise ainsi en cause de l'utilisation du drone dans l'identification des variétés)
4. Il ne savait pas que l'orthophoto du canton était également disponible en proche infrarouge pour certaines années. Il est proposé qu'une liste des années et des données disponibles lors des prises de vue aérienne soit réalisée afin de simplifier l'accès à cette information.
5. Il est intéressé à aller plus loin dans ce projet.

### 10.8.6. DETA – Direction générale de l’agriculture et de la nature DGAN – Service de la biodiversité – *Joëlle Massy*

Les méthode(s) de mesure et outil(s) utilisés jusqu'à présent pour répondre aux besoins du service sont :

- Relevé des lisières forestières : géomètre et théodolite, précision de 30 cm, relevé en continu
- Repérage des faons dans les prairies avant la fauche : repérage par chien en faisant des battues.
- Analyse dégât dans les cultures : constat fait sur place manuellement avec un GPS.
- Panorama des réserves naturelles : aile, résolution 72ppp

### Environnement de prise de mesure

- Zone agricole,
- Zone forestière.

### Expériences

- Panorama des réserves naturelles : mandat à un bureau privé. Prestation avec aile volante, avec capteur infrarouge dans certains cas pour le calcul du NDVI.
- Relevé des lisières forestières : mandat avec Aibotix et Leica, drone aibotix, Caméra Sony Alpha 6000, 16mm, 6000x4000, APS-C, GSP différentiel embarqué, IMU. Les données sont traitées avec Photoscan et Pix4D.

### Besoins futurs

- Panorama des réserves naturelles : orthophotos et photos obliques.
- Estimation des dégâts causés dans les cultures afin d'évaluer les indemnités.
- Repérage des faons, besoin d'un drone équipé de capteur thermique.
- Calcul de la limite de la forêt (c'est un mandat - projet qui se développera probablement sur 2-4 ans afin de couvrir le canton).

### Remarques

1. Tous ces besoins se regroupent sur une même période de l'année – de juin à septembre – ensuite les besoins sont très faibles.
2. La récolte et le traitement des données ne pourraient pas se réaliser à l'interne du service par manque de ressources. C'est pour cela que le service mandat à l'extérieur pour le moment.
3. Elle est intéressée à aller plus loin dans ce projet.

## 10.8.7. DETA – Direction générale de l'agriculture et de la nature DGAN – Service de l'agronomie – *Florian Favre*

### Environnement de prise de mesure

- Zone agricole,
- Zone forestière.

### Besoins futurs

- Vulgarisation du domaine viticole (le domaine viticole cantonal sera divisé en segment pour faciliter le suivi et l'analyse).
- Détection des maladies (sur les vignobles, les arbres...), comprendre comment la maladie s'est rependue dans un vignoble. Il y a des bases légales qui demandent une intervention en cas de maladies dites de quarantaine (ou fongique ou floresente doré, feu bactérien).

### Remarques

1. Il s'inquiète quant aux traitements des données issues du drone. Le service n'a pas les logiciels et les ressources en personnel pour le traitement des données, c'est pour cela qu'il mandat à l'extérieur.
2. Il est intéressé à aller plus loin dans ce projet.

### 10.8.8. DETA – Direction générale de l’agriculture et de la nature DGAN – Service de l’espace rural – *Jean-Marc Sermet*

Jean-Marc Sermet a participé à la séance en tant qu’auditeur, dans la mesure où il ne voyait pas encore de besoins clairement identifiés. Il considérait cependant important de s’informer sur les possibilités que pourrait offrir cette technologie. Selon lui, les utilisations potentielles viendront dans un deuxième temps.

### 10.8.9. DETA – Direction générale de l’eau – Service de la planification de l’eau – Secteur de la gestion intégrées des eaux – *Fabrice Roth*

Les méthode(s) de mesure et outil(s) utilisés jusqu’à présent pour répondre aux besoins du service sont :

- Orthophoto
- LiDar

#### Environnement de prise de mesure

- Zone agricole,
- Zone urbaine,
- Zone forestière.

#### Besoins futurs

- Relevé et suivi des cours d'eau (Allondon, Aire, Versoix, Seymaz).
- Suivi après travaux de renaturation de l'évolution de l'Aire.
- Suivi de projets de renaturation (ex : Nant d'Avril).
- Suivi du chantier de la plage de Eaux-Vives.
- Si le nouveau Lidar 2017 n'est pas suffisant, un relevé des petits cours d'eau pourrait être effectué par drone (difficilement cartographiable dû à la présence de végétation). Il s'agit d'environ 50 petits cours d'eau.

#### Remarques

1. Un budget pourrait être envisagé.
2. Il est intéressé à aller plus loin dans ce projet.

### 10.8.10. DETA – Direction générale de l’eau – Service de l’écologie de l’eau – Secteur dynamique de l’eau – *Etienne Monbaron*

Les méthode(s) de mesure et outil(s) utilisés jusqu’à présent pour répondre aux besoins du service sont :

- Orthophoto ;
- Utilisation du Lidar et du MNT pour la modélisation du ruissellement et des écoulements d'eau afin d'identifier les zones à risque ;
- Relevé géométrique au théodolite ;
- Relevé batimétrique (radars qui va sous l'eau depuis un bateau) ;
- Relevé mono-réseau pour les profils des rivières ;
- Relevé par drone.



### Environnement de prise de mesure

- Zone urbaine.

### Expérience

- Relevé de l'Arve : drone à aile volante avec GPS embarqué pour la réalisation de l'orthophoto et drone à rotors (quatricopères à pilotage manuel) pour la réalisation des volumes (altimétrie 3D) des graviers. Le mandat a été attribué au bureau "GREN Sarl biologie appliquée" à M. Matthias Girel, fin décembre 2016. Les données traitées ont été reçues fin mars, mais elles sont actuellement auprès d'un autre bureau qui s'occupe de dessiner les profils.

### Besoins futurs

- Un relevé par année des bancs de graviers dans l'Arve, et éventuellement d'autres rivières, car avec les chantiers de renaturation, il y a de nouveau des phénomènes naturels qui apparaissent (ex : Aire, Seymaz ou encore Foron).
  - Objectifs 1 : Analyser les phénomènes de dynamique fluviale et étudier les dépôts et érosions de graviers dans les rivières.
  - Objectifs 2 : Faire des photos de l'évolution de la morphologie de la rivière.

### Remarques

1. Il étudie les aspects quantitatifs de l'eau : pluie et débit dans une rivière, hauteur et niveau de l'eau, flux de matière, protection contre les crues, et préavis lors de nouvelle construction dans les zones à risques, cartes des dangers, service d'urgence en cas de crue. Et il analyse l'évolution rapide de la rivière lors de crue (dépôts et érosions).
2. Les vols doivent être effectués entre décembre et février. Il faut de bonnes conditions météorologiques et hydrauliques. Il ne faut pas de végétation, peu d'eau, peu de remous (l'eau doit être transparente), pas de pluie, pas de vent ou de bise.
3. A l'interne, ils n'ont pas de logiciel de traitement de données, c'est pourquoi ils mandatent tout auprès de bureau.
4. Les données reçues sont exploitables sur AutoCad et Covadis 3D
5. En 2018, une nouvelle campagne de relevé sera effectuée avec les mêmes bureaux, afin de pouvoir faire une comparaison entre les deux années. Si les résultats sont pertinents et qu'ils en concluent que cet outil est vraiment un plus, ces relevés pourraient être répétés.
6. Il est intéressé à aller plus loin dans ce projet.

## 10.8.11. DETA – Direction générale de l'eau – Service de l'écologie de l'eau – Secteur de la protection des eaux – *Emmanuel Farinoli et Vincent Ebener*

### Environnement de prise de mesure

- Zone agricole ;
- Zone urbaine ;
- Zone forestière ;
- Autour de bâtiment, d'un ouvrage d'art.

### Besoins futurs

- Suivi des nappes de pollution (quelques fois par année, environ 10x). Ils ont l'autorisation de pénétrer sur une propriété seulement si la pollution est avérée.

Quand est-il du survol des propriétés si la pollution n'est pas encore avérée ? Par exemple lors d'une pollution au chlore, afin de trouver rapidement la source.

- Vérification de déversoir dans des zones peu accessibles (ex : dans certaines parties du Rhône).
- Surveillance de tuyaux (environ 5 à 10 fois par an).

#### Remarques

1. Les vols seraient non planifiés, sur le tas. Il faudrait un appareil facile d'utilisation (un petit drone).
2. De plus, un drone pouvant faire des prélèvements d'eau au milieu des rivières trop profondes pour y aller à pied leur serait également utile.
3. Ils sont intéressés à aller plus loin dans ce projet.

### **10.8.12. DETA – Direction générale de l'environnement – Service de la géologie, des sols et des déchets – secteur sol et sous-sol – *Sabrina Serier, Marc Piccino et Sébastien Gassmann***

Les méthode(s) de mesure et outil(s) utilisés jusqu'à présent pour répondre aux besoins du service sont :

- Orthophoto pour les préavis et les autorisations de construire ;
- Historique de la parcelle ;
- GPS.

#### Environnement de prise de mesure

- Zone agricole,
- Zone urbaine.

#### Besoins futurs

- Contrôle de gravière (surface ouverte et refermée, excavation) sur 7 sites environ 1 fois par an. Un calcul des volumes pourrait être envisagé si la technologie le permet. Il existe des taxes sur le volume, mais aujourd'hui ils ne sont pas vérifiables.
- Site de remblayage (en liens avec le plan directeur, lors d'utilisation de terrain). Calcul des surfaces et des volumes, 2-3 fois par an.
- Surveillance de l'érosion des berges (environ 1 fois par an).
- Inspection des chantiers. Qu'en est-il du survol des chantiers privés ?
- Pour un futur plus lointain : mesurer la quantité de terre perdue avec l'érosion lors de forte précipitation.

#### Remarques

1. Des fonds pourraient éventuellement être budgétés dans le cadre de la convention-programme sur les dangers naturels avec la Confédération lors du prochaine renouvellement (tous les 4 ans). Les mandats sont couverts à 50% par la confédération. En ce qui concerne les gravières et le sous-sol, ils devront être pris sur le budget de fonctionnement.
2. Il est proposé qu'une personne par département soit en charge du drone et du traitement de données.
3. Ils sont intéressés à aller plus loin dans ce projet.

### 10.8.13. DETA – Direction générale des transports – Direction de la planification – Adrien Mulon

Les méthode(s) de mesure et outil(s) utilisés jusqu'à présent pour répondre aux besoins du service sont :

- Orthophoto ;
- Divers matériels à disposition sur le site du SITG.

#### Environnement de prise de mesure

- Zone agricole ;
- Zone urbaine ;
- Autour de bâtiment, d'un ouvrage d'art.

#### Expérience

- Expérience personnelle : accompagnement du relevé du Cervin en 3D, en 2013, avec une aile ebee de Sensefly.

#### Besoins futurs

- Photos et vidéos de communication (1-2 fois par an).

#### Remarques

- Pour ce genre de prestation, il ne faudrait pas que ce soit un technicien, mais bien un photographe qui prenne les clichés.
- Il trouve intéressant que ce soit une équipe drone qui gère le tout, aussi d'un point de vu de la communication et des relations avec les organes tels que Skyguide ou la police.
- Il imagine qu'il serait envisageable de budgétiser les clichés par drone dans le financement de la communication des projets, en appui aux communes ou aux maîtres d'ouvrage.
- Il est intéressé à aller plus loin dans ce projet.

### 10.8.14. Service Incendie et secours, ville de Genève – Davide Mautone

Les méthode(s) de mesure et outil(s) utilisés jusqu'à présent pour répondre aux besoins du service sont :

- Plan d'intervention : 2D pour les bâtiments sous alarme et 3D pour les espaces en commun (couloirs, escaliers, ascenseurs...) ;
- Lors de gros feu, une reconnaissance aérienne, depuis une échelle de 30m, est effectuée avant d'intervenir ;
- Petite caméra thermique permettant de se déplacer et de lutter contre le feu, d'éviter de se perdre dans un incendie, de contrôler la chaleur. La caméra thermique sert aussi à contrôler la chaleur des façades lors des gros événements. Il y a des matériaux qui absorbent beaucoup de chaleur, mais en émettent très peu. Ainsi le contrôle par caméra thermique donne une vision globale, mais le contrôle humain reste nécessaire.

- Ils ont également un vieux système de caméra thermique plus performant sur un grand bras élévateur, mais c'est une vieille technologie qui n'est pas utilisée.
- Utilisation d'un hélicoptère pour le suivi des crues (ex : structures des ponts), ou lors des noyades en été.

#### Environnement de prise de mesure

- Zone agricole ;
- Zone urbaine ;
- Zone forestière ;
- Autour de bâtiment, d'un ouvrage d'art ;
- A l'intérieur de bâtiment.

#### Expérience

- Utilisation d'un drone grand public lors d'entraînements à but de communication et retour d'expérience.

#### Besoins futurs

- RETEX (retour d'expérience).
- Surveillance de manifestations et événements.
- Tactique opérationnelle sur des gros chantiers comme le CEVA.
- Recherche de personnes dans les bois ou en montagne.
- Contrôle des structures des bâtiments après un incendie.
- Suivi d'une pollution dans les rivières.
- Visualisation aérienne lors d'un gros feu avant l'intervention (contrôle de structure).
- Identification des zones de toits à éventrer (caméra thermique).

#### Remarques

1. Besoin d'intervenir dans l'urgence. Est-ce que la procédure pourrait être simplifiée, au même titre que celles de la police ?
2. Il est friand dans l'idée et ne souhaite pas louper le train en route. Il voit le drone comme un outil complémentaire, mais ce n'est pas une priorité, il n'est pas encore indispensable.
3. S'il devait y avoir une participation financière, elle ne viendrait pas des SIS (pompier de la ville), mais de l'OCPAM.
4. Il est intéressé à aller plus loin dans ce projet.

### ***10.8.15. Commission SIG de la Ville de Genève – Ludger Hoffmann, Ana Velez (service incendie et secours), Nicolas Wyler (jardin botanique), Céline Andretta (service de la voirie)***

*Les réponses de Mme Ana Velez sont regroupées avec celles de M. Davide Mautone.*

Les méthode(s) de mesure et outil(s) utilisés jusqu'à présent pour répondre aux besoins du service sont :

- Orthophoto.

### Environnement de prise de mesure

- Zone agricole ;
- Zone urbaine ;
- Zone forestière.

### Besoins futurs

- Nicolas Wyler : les besoins sont remplis par la DGAN.
- Céline Andreetta : Identifier la viabilité des routes en hiver. Faire un diagnostic thermographie des routes du canton pour identifier où agir en premier.

### Remarques

1. Nicolas Wyler : ils sont liés aux prises de décision de la DGAN.
2. Ils souhaitent avoir une liste claire des données existantes (orthophoto, années, types de capteurs, etc.).
3. Ils sont intéressés à rester uniquement des personnes de contact en cas d'information.

## 10.8.16. Services Industriels Genevois SIG – *Rodolphe Fahrni et Patrice Poirier*

Les méthode(s) de mesure et outil(s) utilisés jusqu'à présent pour répondre aux besoins du service sont :

- Radar au sol ;
- Thermographie par hélicoptère pour l'inspection des lignes aériennes ;
- Recherche de défaut dans les tuyaux par courant électrique ;
- Réalisation de maquette numérique pour des projets d'ouvrage ;
- Réalisation d'états des lieux pour des grands projets de réseaux.

### Environnement de prise de mesure

- Zone agricole ;
- Zone urbaine ;
- Autour de bâtiment, d'un ouvrage d'art ;
- Canalisations.

### Expérience

- Ils ont mandaté le bureau HKD pour le contrôle de l'ouvrage de Verbois.

### Besoins futurs

- Maquette 3D pour la réalisation et suivi de projet lors de construction d'ouvrage. Les sites sont généralement vastes, le drone faciliterait le temps de calcul.
- Lors de rénovation d'ouvrage d'exploitation tels que les stations d'épuration de la Vilette ou de pompage du Vengeron.
- Maintenance et diagnostic des lignes aériennes par thermographie (y compris élagage de la végétation).
- Maintenance de l'éclairage public (vérification des mats). Actuellement, rien n'est encore fait à ce niveau.

- Inspection d'ouvrages.
- Relevé de réseaux et des cubages lors de fouilles. Il faudrait programmer un modèle capable de reconnaître automatiquement les différentes pièces et tubes. Lors de la prise des photos, il pourrait être imaginé que les photos soient prises avec un angle un plus large permettant de récolter la texture des bâtiments en même temps, afin de mutualiser l'utilisation des prises de vues. Mais pour le moment, la technologie par relevé terrestre semble encore la plus appropriée pour ce travail.

### Remarques

1. Il faudrait que la base légale évolue pour simplifier les prises de données. Par exemple, il est difficile de faire de la surveillance de lignes aériennes sur des longues distances tout en gardant un contact visuel avec l'appareil. Un deuxième exemple est l'obligation de devoir recouvrir les sites de canalisations ouverts durant la nuit. Cela permettrait d'effectuer des relevés de grande longueur, pour le relevé de réseau enterrés en fouille ouverte la moyenne est de 30-50 m actuellement, et représente environ 30 chantiers à visiter chaque jour.
2. Si l'investissement reste raisonnable, SIG se positionnera de manière positive avec les autres partenaires intéressés, principalement pour des mandats spécifiques.
3. Le chauffage à distance étant relativement jeune, les modifications de ce réseau sont peu nombreuses (ex : fuites). Pas d'intervention à prévoir à ce niveau actuellement.
4. Les SIG se posent la question de la concurrence entre privé et public, si l'Etat acquière un drone.
5. Les SIG se questionnent sur le traitement et le stockage des données. Comment seront livrées les données ? Où est-ce que l'équipe drone s'arrêtera dans le traitement des données, sachant que pour chaque domaine des traitements spécifiques devront ensuite être apportés ?
6. Les SIG devront prendre l'habitude de mandater à "l'interne", plutôt que de mandater des bureaux privés.
7. Ils sont intéressés à aller plus loin dans ce projet.

## 10.8.17. Agglomération de Thonon – Marie Penelope Guillet

Les méthode(s) de mesure et outil(s) utilisés jusqu'à présent pour répondre aux besoins du service sont :

- Orthophoto ;
- Campagne de photo (mars, juin, juillet et septembre 2016).

### Environnement de prise de mesure

- Zone agricole ;
- Zone forestière ;
- Zone humide et cours d'eau.

### Expérience

- Mandats à des bureaux pour la réalisation de photos et vidéos de communication.
  - Problème rencontré : Les dernière photos n'avaient pas les mêmes angles de vue que celles réalisées lors des précédentes campagnes, elles ne sont donc pas comparables.

### Besoins futurs

- Campagne de communication.

- Cartographie des nouvelles espèces de plantes nouvellement réintégrées.
- Suivi des travaux sur les cours d'eau ou dans les zones humides : avant, pendant, après des gros chantiers (besoins ponctuels).

#### Remarques

1. Les besoins peuvent de manière générale être planifiés, sauf en cas de crue par exemple.
2. Elle est intéressée à rester uniquement une personne de contact en cas d'information.



## 10.9. Rencontre avec les bureaux privés

Trois bureaux privés ont été interviewés.

Le premier bureau de géomètre avait un drone DJI phantom 3, mais ils ne sont pas encore vraiment développés dans ce marché des mandats drone. Ils l'utilisent de temps en temps pour effectuer des relevés de gravières.

Le deuxième bureau de géomètre s'est développé dans les drones. Ils ont investi dans les deux modèles de drones de chez SenseFly : une aile eBee et un drone rotor Albris, avec trois pilotes formés chez SenseFly et utilisant le logiciel Pix4D.

Ils ont de l'expérience dans une réalisation assez diversifié de besoins. L'avantage des bureaux privés est qu'ils ont une flexibilité sur la main d'œuvre, ainsi la quantité de besoins identifiés au sein de l'Etat ne fait pas peur. Ils ont déjà de l'expérience dans plusieurs cas, mais ils ne sont pas capables de réaliser des traitements des données orientées métiers.

Ils sont ouverts quant au mode de fonctionnement des mandats (travailler en régie, bon de commande sur l'année, capital d'heures...). Mais ils ne souhaitent pas d'avancer de prix à l'heure sans faire de devis des cas. Ils se basent sur l'échelle honoraire KBOB (Recommandation relatives aux honoraires d'architectes et d'ingénieurs 2017).

Finalement le dernier bureau est un indépendant, travaillant avec d'autre bureaux privés indépendant en fonction de la quantité de travail et des qualifications requises. Il semblait plus flexible et ouvert à la discussion quant au type de financement des mandats. Il a beaucoup d'expérience, car il vol depuis des années.

## 10.10. Etapes d'une mission

La réalisation d'un vol en drone n'est pas uniquement le vol, mais également tout ce qui l'entourent, tels que la préparation, l'entretien ou le traitement des images (Aerofilms Olivier, 2013) :

<b>Les étapes de la prise de données par drone</b>	
Prise de contact et échange avec le client	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Object et élaboration du mandat,</li> <li>• Type de données,</li> </ul>
Préparation de la mission	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérification du lieu de vol,</li> <li>• Autorisation de vol (formulaire),</li> <li>• Information police,</li> <li>• Condition météo.</li> </ul>
Préparation du plan de vol	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Repérage sur le terrain si nécessaire,</li> <li>• Vérification des conditions de sécurité : zones d'atterrissage et de décollage,</li> <li>• Positionner des points (point de calage...) au sol et les relever,</li> <li>• Création du plan de vol.</li> </ul>
Préparation et entretien du matériel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chargement des batteries,</li> <li>• Divers entretiens.</li> </ul>
Préparation du matériel et trajet	
Procédure de sécurité sur le terrain	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sécuriser le périmètre dans les zones à risque</li> <li>• Sécurité routière,</li> </ul>
Réalisation du vol	
Traitement des données	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Déchargement des images,</li> <li>• Traitement des images (géoréférencement, etc.)</li> </ul>

## 10.11. Logiciels de traitement des images drones

### 10.11.1. Drone2Map

Les explications du logiciel Drone2map sont tirés d'un séminaire en ligne organisé par ArcGis le 6 juin 2017.

Drone2Map est un logiciel issu du même moteur que Pix4D. Le logiciel professionnel se démocratise et atteint de bon résultat, c'est en tout cas l'objectif de Drone2map.

Le logiciel reconnaît toutes les sortes d'image provenant d'un smartphone, d'une gopro, d'un appareil photo professionnelle. Les caractéristiques des capteurs (coordonnées, orientation, distance focale, taille du pixel) sont prises en compte par Drone2Map. Les images intégrées sont automatiquement géoréférencées.

Drone2Map permet de générer des données de sortie 2D ou 3D, comme par exemple des orthomosaïques, du MNT, du NDVI (PIR), des nuages de point, des maquettes 3D, des photos d'inspection d'ouvrage (les photos peuvent être parcouru et annoter facilement).

Drone2Map fonctionne de manière connectée à ArcGis en ligne ou déconnecté. Il est possible d'utiliser Drone2Map directement sur le terrain, pour visualiser les données acquises.

Les données "images" sont téléchargées dans Drone2Map. Si elles ont des coordonnées (XYZ), elles sont directement et automatiquement géolocalisées par le logiciel.

Les points de contrôles et de calages permettent d'améliorer la précision du géoréférencement. (Même système que les SIG classique, traitement du géoréférencement dans ArcMap). L'orthorectification des images sur les points de contrôle doit s'effectuer avant de lancer le traitement des données. Les points de contrôle peuvent être importés en format csv, ou dans une gdb.

Il est possible de visualiser le plan de vol du drone.

Le logiciel peut effectuer plusieurs traitements en même temps. Le logiciel fourni les données traitées. Le temps de traitement varie en fonction du nombre d'image, de la taille, de la qualité du traitement, et du nombre de traitement demandé. Un traitement peut être stoppé au milieu.

Il est possible d'intégrer directement dans Drone2Map d'autres données métiers (de d'autres sources) dans les données 3D.

Les données issues de Drone2Map peuvent être directement partagés en couche 2D ou/et en package 3D.

Les fichiers de sortie sont OBJ, PLY, FBX, DXF, XYZ, PDF3D.

Drone2Map génère automatiquement un rapport des traitements effectués. Ce rapport résume les opérations effectuées, ainsi que les résultats.

Par contre, il n'est pas possible de joindre des scripts (ex python) pour automatiser le traitement.





















































### 10.11.2. Pix4D

Pix4D est un logiciel commercial suisse, contenant les mêmes options que Drone2Map, avec des options supplémentaires.

Aujourd'hui, il est le logiciel de traitement de données drone le plus utilisé chez les professionnels en Suisse. Toutes les personnes interrogées dans le cadre de ce travail sont munies du logiciel Pix4D.

Ce logiciel s'est fortement développé ces dernières années. Sur le forum, il est dit que son potentiel est plus ou moins équivalent au logiciel PhotoScan. Les utilisateurs actuels mise sur Pix4D et son fort potentiel d'innovation.

Le tableau ci-dessous résume les différentes variantes proposées par Pix4D. Il inclut également un logiciel de planification du plan de vol dans ses paquets.

				
DESKTOP PROCESSING	UNLIMITED (desktop+laptop)	UNLIMITED (desktop+laptop)	UNLIMITED (1 device)	UNLIMITED (1 device)
CLOUD PROCESSING	UNLIMITED*	UNLIMITED*	UNLIMITED*	UNLIMITED*
FLIGHT PLANNING	Pix4Dcapture	Pix4Dcapture	Pix4Dcapture	Pix4Dcapture
Flythrough video				
Orthomosaic	 	 	 	-
DSM	 	 		-
DTM			-	-
3D point cloud	 	 	-	-
3D textured model	 	 	-	 
2D measurement	 	 	 	
2D vector output			-	-
Volume measurement			-	-
Index map (NDVI, etc.)		-	 	-
Timeline analysis	-			-
CAD overlay	-		-	-
Web sharing				
Support	Personal support	Personal support	Personal support	Forum and knowledge base

Des formations peuvent être organiser avec l'entreprise, mais cette dernière propose aussi des tutoriels en ligne sur son site internet : <https://support.pix4d.com>

### 10.11.3. PhotoScan développé par AgiSoft

PhotoScan est un logiciel commercial russe développé par AgiSoft.

Le tableau ci-dessous résume les options disponibles dans le logiciel :

Feature	Professional Edition	Standard Edition
Photogrammetric triangulation	+	+
Dense point cloud: generation and editing	+	+
3D model: generation and texturing	+	+
Spherical panorama stitching	+	+
Fisheye camera support	+	+
Spherical and cylindrical camera support	+	
Dense point cloud: classification	+	
DEM: georeferenced DSM / DTM export	+	
Georeferenced orthomosaic export	+	
Orthomosaic seamline editing	+	
Markers support	+	
Ground control points support	+	
Coded / non-coded targets auto detection	+	
Multispectral imagery processing	+	
NDVI and other vegetation indices calculation	+	
Hierarchical tiled model generation	+	
4D modeling for dynamic scenes	+	
Python scripting	+	
Network processing	+	
OS: Windows, Mac OS X, Debian/Ubuntu	+	+
Floating Licenses	+	

Argisoft propose également des tutoriels en ligne sur leur site internet.

#### 10.11.4. MicMac

Micmac est un logiciel libre développé par l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN) et l'Ecole nationale des Sciences de la géographie (ENSG), depuis 2003. Il permet de répondre à un certain nombre de besoin, mais son utilisation est actuellement encore complexe et peu accessible au grand public. Je n'ai rencontré personne qui utilise MicMac dans le traitement des images issues du drone.

L'avantage de Micmac pour un développeur, comme tous les logiciels libres, permet la modification du code source en fonction des besoins.

Contrairement à certain logiciel, qui sont dans le jargon des « boîte noire », Micmac donne accès à des données intermédiaires, permettant d'interagir avec la chaîne de traitement à n'importe quelle étape.

## 10.12. Base de données

Quelques exemples de métadonnées pouvant renseigner les données drones qui seront déposées sur la base de données.

- Qui a mandaté : département, services, secteur, nom et prénom du collaborateur, projet
- Qui a exécuté les relevés : Nom du bureau, contact,
- Date du relevé
- Type d'appareil et de capteur (caractéristiques techniques),
- Hauteur de vol, recouvrement
- Type d'objet (bâtiments, champs, façade, etc.)
- Site de la prise de données : coordonnée, nom du lieu, adresse,
- Données brutes ou données traitées
- Type de traitements effectués
- Qui a effectué les traitements si différents du relevé : nom du bureau/ de la personne, contact
- Donnée de sorties : format du fichier, taille du fichier, date de traitement
- Etc.

## 10.13. Descriptif des coûts financiers pour drone grand public ou drone professionnel

### 10.13.1. Drone grand public

L'achat d'un drone grand public de type DJI Phantom 4 pro ou DJI Inspire. Donc le prix reste raisonnable, avec une échelle entre 2'500 CHF et 5'000CHF. Il faudrait compter la formation pour quelques employés, ainsi que le logiciel de traitement des données.

#### Exemple de coût :

- Drone : 2'500CHF - 5'000CHF
- Logiciel Pix4D (1 licence) : 8'000.- + 15% (1200.-) les années suivantes
- Formation drone : entre 400CHF à 1'500CHF pour des cours blocs ou 150CHF l'heure de formation
- Formation logiciel Pix4D : 2'000CHF pour un groupe de 4 personnes ou environ 700 CHF pour 2 jours de formation pour une personne.
- Assurance : comprise dans l'assurance RC de l'Etat

#### Facultatif :

- Ordinateur portable pour pouvoir visualiser les données directement sur le terrain : 1'500.-

Dans ce scénario, le drone est vu comme un outil de mesure, comme un GPS, que les personnes formées pourront utiliser. Il faut tout de même rester conscient que l'expérience et la régularité des vols est aspect de qualité et de sécurité.

### 10.13.2. Drone professionnel

Michel Assenbaum (producteur et prestataire de service chez Avion Jaune SARL), adapté par François Gervais propose une un système de calcul permettant de réaliser une estimation des coûts sur 5 ans.



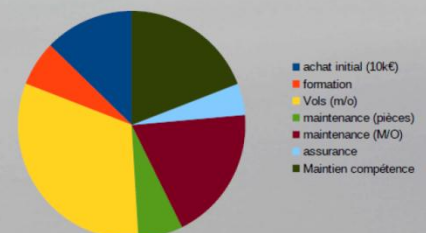
#### Coûts matériels et RH

- Coûts = achat + formation + maintenance
  - Achat: 5 à 50 KCHF (matériel), 1 à 10 KCHF (logiciel)
  - Formation: 1 à 3 jours, n'inclut pas l'expérience!
  - Maintenance: 0.2 à 2 KCHF/an (matériel), 15% (logiciel)
  - Maintien des compétences?
- Référence: Michel Assenbaum, L'Avion Jaune SARL, producteur de drone et prestataire de services
- Conclusion: 15 k€ initiaux + 5 ans x (8 k€/an fixes + 5k€/an variables) = 80 k€

#### Simulations des coûts sur 5 ans

Multiroteur  
10 vols/an  
1 opérateur

Avec cette configuration  
« minimum », on arrive  
À environ 80k€ / 5ans



L'estimation du coût est d'environ 90'000CHF sur 5 ans, en formant 4 personnes et en investissant dans 2 licences Pix4D. Le coût en personnel, équivalant à environ deux employés à 100%, serait d'environ 1'000'000CHF pour 5 ans de salaire uniquement.

- Drone : 30'000CHF
- Pix4D (1 licence) 8'000.- + 15% par année (4X1200.-) = 12'800.- => x 2licences = 25'000CHF
- Ordinateur portable pour gérer les vols à l'extérieur ou pouvoir visualiser les données directement sur le terrain : 1'500.-



- Maintenance matériel (selon le calcul  $(5 \times 200 - 2'000) = 10'000$  CHF)
- Formation drone : le coût de la formation lors de l'achat de drone professionnel est généralement négocié et incluse dans le package du drone. Elle peut également être suivit indépendamment : entre 400CHF à 1'500CHF pour des cours blocs ou 150CHF l'heure de formation. Pour la formation de 4 personnes, il faut compter environ 6'000CHF.
- Formation logiciel Pix4D : 2'000CHF pour un groupe de 4 personnes ou environ 700 CHF pour deux jours pour une personne.
- Assurance : comprise dans l'assurance RC de l'Etat
- Deux employés à 100% (classe 15 niveau 08 = environ 100'000 CHF par année) = 200'000CHF par année => 1'000'000CHF sur 5 ans
  - Attention : ici uniquement les salaires sont comptés. Il n'a pas été possible d'obtenir les coûts cachés d'un employé de l'Etat.