

Table des matières

Déclaration.....	i
Remerciements	ii
Résumé	iii
Table des matières.....	iv
Liste des tableaux	vi
Liste des figures.....	vi
1. Introduction.....	1
2. La démarche adoptée.....	2
3. Objectifs	3
4. Histoire de drones	3
4.1 Les débuts	3
4.2 Tendances et enjeux futurs	4
4.2.1 Mondialisation	4
4.2.2 Le changement du comportement des consommateurs	4
4.2.3 Les attentes des consommateurs.....	7
4.2.4 La problématique du « dernier kilomètre »	8
4.2.5 Le besoin de nouvelles solutions.....	9
4.3 Les grands projets en cours dans la livraison.....	10
4.3.1 Transport des échantillons entre les deux hôpitaux de Lugano	10
4.3.2 Amazon Prime Air	11
4.3.3 AHA et Flytrex.....	12
4.3.4 Siroop et Mercedes Benz	12
4.3.5 Missions humanitaires.....	13
5. Les drones sous ses différents aspects.....	15
5.1 Les aspects juridiques.....	15
5.1.1 La réglementation en Suisse	15
5.1.2 La réglementation au niveau européen	18
5.2 Les aspects environnementaux	19
5.2.1 Émissions	19
5.2.2 Nuisances sonores.....	20
5.3 Les aspects techniques.....	21
5.3.1 Charge utile et autonomie limitée	21
5.3.2 Les conditions météorologiques	22
5.3.3 Une menace pour l’aviation civile	23
5.3.4 L’atterrissage	24
5.4 Les aspects sociaux des drones.....	25
6. Les coûts pris en considération.....	27

6.1	Les coûts pris en considération pour la livraison standard	27
6.1.1	Le salaire horaire d'un livreur	27
6.1.2	Le prix de revient kilométrique d'un fourgon	27
6.2	Les coûts pris en considération pour la livraison par drone	29
6.2.1	Le prix de revient à la minute d'un drone livreur	29
6.2.2	Le salaire horaire d'un opérateur.....	32
7.	Les coûts pas pris en considération	33
8.	Les scénarios de livraison.....	34
8.1	La livraison dans le Canton de Genève.....	34
8.2	Scénario 1 : Livraison d'un colis dans un quartier de la ville de Genève	35
8.2.1	Description du scénario et des données utilisées.....	35
8.2.2	Calcul des coûts de la livraison par drone	35
8.2.3	Calcul des coûts de la livraison standard	36
8.3	Variante du Scénario 1 : Livraison de plusieurs colis dans un quartier de la ville de Genève.....	37
8.3.1	Description du scénario et des données utilisées.....	37
8.3.2	Calcul des coûts de la livraison par drone	37
8.3.3	Calcul des coûts de la livraison standard	38
8.4	Scénario 2 : Livraison d'un colis dans une commune de la campagne du Canton de Genève	39
8.4.1	Description du scénario et des données utilisées.....	39
8.4.2	Calcul des coûts de la livraison par drone	39
8.4.3	Calcul des coûts de la livraison standard	40
8.5	Scénario 3 : Livraison d'un colis dans un village de montagne du Canton de Vaud	41
8.5.1	Description du scénario et des données utilisées.....	41
8.5.2	Calcul des coûts de la livraison par drone	41
8.5.3	Calcul des coûts de la livraison standard	42
9.	Analyse et comparaison des résultats obtenus	43
10.	Recommandations	46
11.	Conclusion	48
12.	Bibliographie.....	49
13.	Annexes.....	54

Liste des tableaux

Tableau 1 : Le coût horaire d'un livreur	27
Tableau 2 : Le salaire horaire d'un operateur	32
Tableau 3 : Données de la livraison par drone du scénario 1	35
Tableau 4 : Résultats de la livraison par drone du scénario 1	36
Tableau 5 : Données de la livraison standard du scénario 1	36
Tableau 6 : Résultats de la livraison standard du scénario 1	36
Tableau 7 : Données de la livraison par drone de la variante du scénario 1	38
Tableau 8 : Résultats de la livraison par drone de la variante du scénario 1	38
Tableau 9 : Données de la livraison standard de la variante du scénario 1	38
Tableau 10 : Résultats de la livraison standard de la variante du scénario 1	39
Tableau 7 : Données de la livraison par drone du scénario 2	39
Tableau 8 : Résultats de la livraison par drone du scénario 2	40
Tableau 9 : Données de la livraison standard du scénario 2	40
Tableau 10 : Résultats de la livraison standard du scénario 2	40
Tableau 11 : Données de la livraison par drone du scénario 3	41
Tableau 12 : Résultats de la livraison par drone du scénario 3	42
Tableau 13 : Données de la livraison standard du scénario 3	42
Tableau 14 : Résultats de la livraison standard du scénario 3	42

Liste des figures

Figure 1 : Croissance du marché du commerce en ligne en Suisse	5
Figure 2 : nombre de colis livrés par la Poste Suisse en millions	6
Figure 3 : Nombre de colis expédiés par les entreprises aux clients en Suisse	7
Figure 4 : Le drone de Matternet utilisé entre les deux hôpitaux de Lugano	11
Figure 5 : Vans & Drone de Mercedes	13
Figure 6 : Le drone de Zipline en vol	14
Figure 7 : Une capture d'écran de la carte interactive de la Suisse	17
Figure 8 : Le drone Little Ripper Life Saver (Australie)	23
Figure 9 : Deux fourgons Renault Master de la Poste Suisse	28
Figure 10 : Le drone de Matternet montré au public lors de la conférence TED	31

1. Introduction

Imaginez-vous, confortablement assis sur le canapé, en train de réserver le voyage de vos rêves sur le magasin en ligne d'une agence de voyage. Tout d'un coup, votre ordinateur portable s'éteint et vous vous souvenez que depuis quelques jours vous ne trouvez plus son chargeur (certainement vous l'avez oublié à la bibliothèque de l'université, vous y êtes allés pendant vos révisions) et que vous avez oublié de le racheter. Vous n'avez pas envie d'aller jusqu'au centre-ville pour en acheter un nouveau (vous habitez à la campagne, vous n'avez pas le permis de conduire et vous n'avez donc pas envie de changer de bus plusieurs fois pour rejoindre le magasin). Vous décidez donc de passer une commande en ligne au moyen de votre téléphone portable sur un magasin d'accessoires pour ordinateurs. Une demi-heure plus tard, un drone atterrit dans votre jardin avec un colis avec un nouveau chargeur à l'intérieur. Vous pouvez enfin recharger la batterie de votre ordinateur portable et finaliser la réservation du voyage de vos rêves ! Réalité ou fiction ? Serons-nous livrés par des drones ? Est-ce économiquement viable ? Quels sont les bénéfices ? Les contraintes ? Voici quelques questions auxquelles je tâcherai de répondre dans mon travail. Les drones ont récemment fait leur apparition dans le domaine de la logistique et depuis quelques années nombreuses entreprises sont en train de s'intéresser. Actuellement ils se trouvent sous les feux des projecteurs, car nous traversons une période où le marché de cette technologie est en forte croissance. Les entreprises de la logistique sont en train de les développer dans le but de les rendre opérationnels dans les années à venir.

2. La démarche adoptée

D'abord, j'introduirai cette technologie en résumant les principales étapes de l'histoire de ces engins, ensuite j'aborderai le sujet avec des exemples et en parlant de l'environnement dans lequel les drones livreurs sont en train de se développer. J'ai décidé de dédier une partie de mon travail à l'explication des enjeux et des tendances qui ont conduit les entreprises à s'intéresser aux drones. Lors du développement de ces petits avions sans pilote, plusieurs problématiques dans plusieurs domaines ont été soulevées. Afin de bien comprendre le monde des drones, j'ai interviewé Monsieur Andrea Marrazzo, Head of Autonomous Delivery de la Poste Suisse, l'ex-régie fédérale qui est très engagée dans le développement et dans l'utilisation des drones. Après avoir abordé les aspects qui précèdent, je me concentrerai sur l'aspect économique de cette technologie en déterminant quels sont les coûts de l'emploi des drones. Avant d'aborder les calculs des coûts, j'expliquerai quels coûts et quelles données j'ai décidé de prendre en compte et la démarche qui m'a emmené à de telles chiffres. Ensuite, j'analyserai et comparerai différents scénarios dans lesquelles les drones pourraient être employés : plus précisément, je choisirai trois scénarios de livraison, à savoir la livraison d'un colis dans un quartier de la ville de Genève, la livraison dans une commune de la campagne du Canton de Genève et la livraison d'un colis dans une localité de montagne dans le Canton de Vaud. Les trois scénarios, très différents entre eux, sont caractérisés par des variables et contraintes spécifiques. J'ai décidé de procéder en appliquant les coûts calculés à des scénarios car cette méthode de travail me permet de toucher les trois principaux types de morphologie du terrain de notre territoire national, notamment la ville, la campagne et la montagne. Cette méthodologie présente cependant des avantages et des désavantages : d'un côté les résultats que j'obtiendrai seront fondés sur des scénarios de livraison réels et concrets mais de l'autre côté les résultats seront spécifiques aux cas choisis et à leurs caractéristiques. Pour chaque scénario, je calculerai les coûts de l'emploi des drones et je comparerai les résultats obtenus avec les coûts de la livraison standard couramment utilisée (notamment le transport routier), afin de comprendre si l'emploi de cette technologie est d'abord possible, et ensuite s'il s'agit d'un bon investissement. Je terminerai mon travail avec des recommandations pour la mise en place de cette technologie et mes conclusions.

3. Objectifs

L'objectif de mon travail est de comprendre si les drones sont d'abord exploitables sur le territoire national Suisse, quels sont les avantages et les désavantages ou contraintes liées à leur utilisation, si leur usage est rentable et donc s'ils pourront porter un avantage aux entreprises de livraison.

4. Histoire de drones

4.1 Les débuts

Une des plus importantes révolutions dans le monde de l'aviation est l'apparition des drones. Il s'agit d'un engin volant sans pilote à bord, dirigé par un pilote qui se trouve à terre ou de façon autonome à travers un logiciel. Malgré les gens pensent que les drones sont une invention récente, les premiers drones remontent à une centaine d'années, mais ils n'avaient rien à voir à ceux qui nous connaissons aujourd'hui. Les drones sont nés dans le domaine militaire : des premiers essais d'engins sans pilote sont apparus pendant la première guerre mondiale, mais les vrais drones tels que nous les entendons sont apparus dans la deuxième guerre mondiale et étaient utilisés pour des missions d'observation et de surveillance de l'ennemi, suite à de nombreuses pertes de vies humaines dans l'aviation des deux côtés du conflit (Cazin 2018). Depuis ce moment, leur utilisation sur le plan militaire est devenue de plus en plus fréquente : ils ont été utilisés dans plusieurs conflits, comme lors de la guerre de Corée (1950-1953), la guerre du Vietnam (1955-1975) et la guerre du Kippour (1973), toujours ayant comme but des missions d'observation et de surveillance de l'ennemi. Depuis les années 1990, ils ont également été équipés avec des armes, leur rôle est donc changé, en passant de la surveillance à l'attaque. À partir du début des années 2000, les drones ont fait leur apparition aussi dans le domaine civil (depuis ce moment, les gens ont pris connaissance de cette technologie). Les drones ont été d'abord exploités par des professionnels pour la surveillance des incendies, inondations, ... et après aussi par des particuliers dans l'agriculture, dans la photographie aérienne ou en tant qu'activité de loisir. Actuellement les drones sont utilisés régulièrement dans plusieurs domaines comme la surveillance d'installations et dans d'autres secteurs comme la logistique ils sont en train de faire leur apparition (Preveraud 2015).

4.2 Tendances et enjeux futurs

Dans les prochains paragraphes, je résumerai les principales tendances et les principales attentes du marché de la logistique. J'introduirai également les principaux défis auxquels les entreprises seront confrontées qui, d'après moi, ont mené les entreprises à s'intéresser aux drones pour livrer les marchandises.

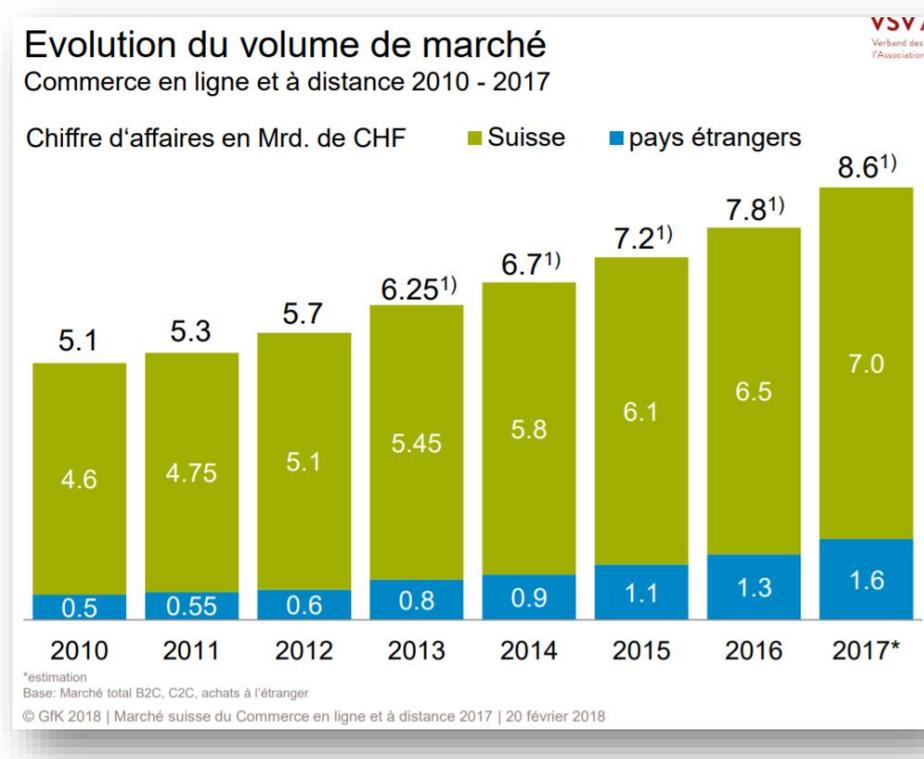
4.2.1 Mondialisation

La mondialisation, un phénomène plus que jamais à l'ordre du jour, a fortement raccourci les distances entre tous les pays du monde. Cela dénote dans l'augmentation des échanges des services et des marchandises entre les pays au niveau mondial. Il y a quelques années, le marché était développé localement ou au maximum avec les pays voisins et donc la plupart des échanges étaient effectuées dans les environs. À nos jours, le marché n'est plus limité à la proximité mais, au contraire, il est devenu mondial parce qu'une grande partie des échanges sont réalisés avec des pays disséminés tout autour du globe. Le marché s'est transformé de local à mondial au cours des années, en portant des avantages mais également des inconvénients. Parmi les principaux avantages, il y a l'innovation technologique ou l'afflux de capitaux étrangers dans notre économie, tandis que parmi les principaux inconvénients, on trouve notamment l'arrivée des grands groupes internationaux, qui ont entraîné une forte concurrence aux petites et moyennes entreprises locales, qui représentent le cœur de notre économie nationale.

4.2.2 Le changement du comportement des consommateurs

Depuis quelques années, la façon dont les consommateurs achètent les produits est en pleine mutation. Les gens se rendent de moins en moins dans les magasins pour effectuer leurs achats et passent de plus en plus de commandes en ligne. Malgré ce fait, le marché du commerce en ligne représente encore un petit pourcentage par rapport à la totalité du commerce au détail. Comme le montre le graphique ci-dessous, le commerce en ligne en Suisse est augmenté sensiblement au cours des dernières années. Seulement entre 2016 et 2017, il est augmenté d'environ 10%, il s'agit pourtant seulement d'une estimation. Cependant, on ne peut pas en dire de même pour les chiffres du commerce de détail qui, depuis quelques années, souffrent d'une régression dans les ventes (Carbó 2016).

Figure 1 : Croissance du marché du commerce en ligne en Suisse



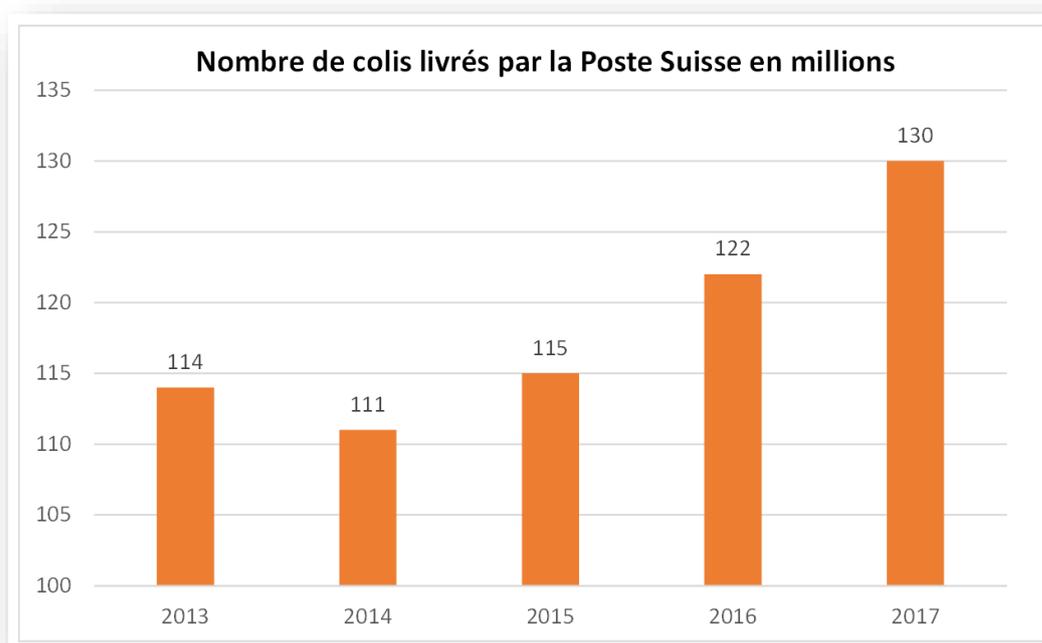
(Étude du marché du commerce en ligne 2017, VSV, GfK Switzerland AG, Media Focus GmbH)

Sans aucun doute, le principal acteur qui a entraîné ce changement est l'arrivée du Web. Par la suite, l'usage toujours plus répandu et l'intérêt montrés de la part des consommateurs ont poussé les entreprises à créer des boutiques en ligne et ensuite à développer le marché des achats (et des services) en ligne. Grâce à l'accès au Web, les opportunités pour les consommateurs ne manquent pas : ces-ci sont attirés par le fait de pouvoir acheter des produits avec facilité directement depuis leur domicile ou depuis leur bureau, sans perdre du temps pour se rendre dans un magasin. Le Web offre aussi la possibilité de passer une commande 24 heures sur 24 / 365 jours sur 365, sans avoir des horaires d'ouverture ou des jours fériés à respecter. Un autre élément à envisager consiste en la possibilité d'acheter à des prix inférieurs par rapport à ceux pratiqués dans les commerces, car les boutiques en ligne ne sont pas confrontées aux énormes coûts auxquels un point de vente physique doit faire face. Le Web offre également l'opportunité de comparer les différents prix et de s'adresser directement chez les producteurs sans forcément passer par un intermédiaire (grossiste). En outre, comme déjà dit, grâce à la mondialisation, les clients ne sont pas limités aux fournisseurs locaux mais ils peuvent s'adresser à des fournisseurs qui proviennent du monde entier (Netcomm 2018). L'émergence de services de paiements, comme PayPal, et les paiements électroniques, faits à travers des cartes de crédit, ont joué aussi leur rôle dans le développement des

échanges de marchandises en ligne et en particulier dans les échanges avec l'étranger, entre les entreprises et les particuliers, en facilitant les paiements.

En conséquence de l'importante croissance que le commerce en ligne a connu, le nombre de colis est augmenté à cause du fait que les vendeurs doivent transporter la marchandise de leur dépôt au domicile ou à un endroit de retrait au choix du client. La plupart des boutiques en ligne confient leurs colis à la Poste Suisse pour le transport. De ce fait, le nombre des colis traités par la Poste Suisse est considérablement augmenté dans les dernières années comme le montre le graphique ci-dessous.

Figure 2 : nombre de colis livrés par la Poste Suisse en millions



(Élaboré par moi-même, Plusieurs articles de presse¹)

Dans les prochaines années, la croissance du commerce en ligne et du nombre de colis à livrer n'est pas destinée à s'arrêter : plusieurs géants du commerce en ligne déjà installés en Suisse ainsi que des nouveaux fournisseurs de produits seront davantage présents. Selon la société de conseil Oliver Wayman, les géants étrangers comme Amazon ou Aliexpress doubleront leurs chiffres d'affaires sur notre territoire national d'ici

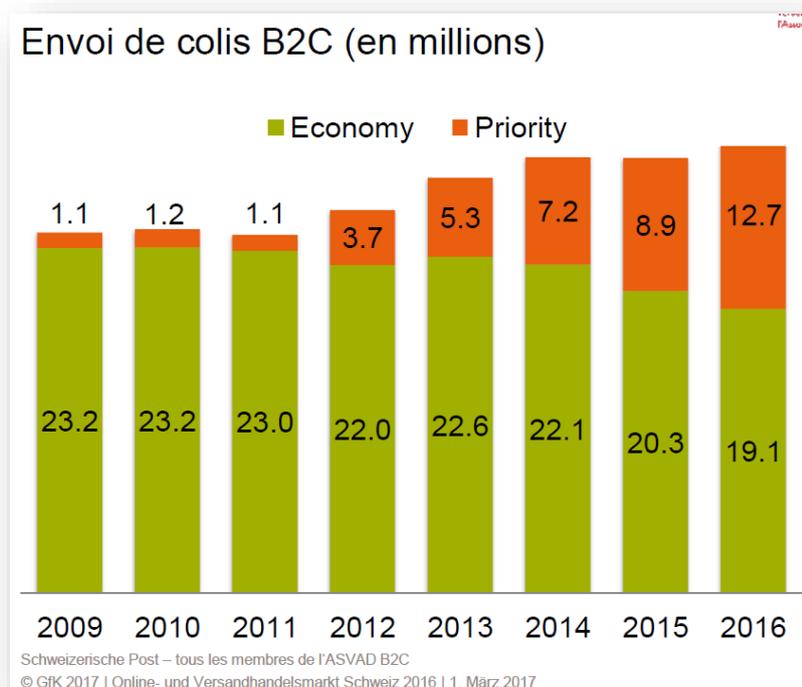
¹ <https://www.rts.ch/info/suisse/6393782-la-poste-s-attend-a-un-nouveau-record-de-colis-grace-aux-ventes-en-ligne.html>, <https://www.rts.ch/info/suisse/7429209-hausse-du-nombre-de-colis-distribues-par-la-poste-en-2015.html>, <https://www.lematin.ch/suisse/Grce-au-web-La-Poste-livre-toujours-plus-de-colis/story/18178181>, <https://www.tdg.ch/suisse/La-Poste-repond-au-boom-des-colis-et-prepare-l-arrivee-du-geant-Amaozon/story/22266984>, <https://www.rts.ch/info/suisse/8333642-la-poste-a-encore-distribue-davantage-de-colis-l-an-passe.html>)

2030. Au contraire, les groupes suisses du commerce en ligne verront leurs chiffres d'affaires stagner. Une partie des échanges en ligne, environ le 30%, s'effectuera avec des groupes étrangers (ARO/ATS 2018). Les entreprises de livraison seront donc confrontées à une continue augmentation de la charge de travail. Au cas où les nouveaux entrants mettront en place leur propre réseau de distribution, au lieu de confier le mandat à des entreprises déjà présentes comme la Poste Suisse, une hypothétique augmentation de la charge de travail se traduirait en une augmentation de la concurrence dans le domaine de la distribution (Bailat 2015).

4.2.3 Les attentes des consommateurs

Les attentes des clients en matière de livraison sont de plus en plus exigeantes : ils veulent que les marchandises soient livrées le plus vite possible en tous lieux possibles et avec la plus grande flexibilité possible ; cette tendance est confirmée par plusieurs constatations. Comme le montre le graphique ci-après, le nombre de colis prioritaires envoyés par les entreprises est sensiblement augmenté au cours des trois dernières années et, en revanche, le nombre de colis affranchi en modalité économique a baissé. Il est clair que le consommateur est de plus en plus intéressé à recevoir la marchandise dans les meilleurs délais.

Figure 3 : Nombre de colis expédiés par les entreprises aux clients en Suisse



(Étude du marché du commerce en ligne 2016, VSV, GfK Switzerland AG, Media Focus GmbH)

Selon une enquête auprès des consommateurs, menée par le cabinet de conseil McKinsey & Company², le 25% des clients est disponible à payer un supplément significatif pour bénéficier d'une livraison immédiate ou au cours de la même journée. Les compagnies de livraison ne peuvent pas se permettre de ne pas répondre aux attentes de cette partie des consommateurs et doivent être capable de les satisfaire pleinement. Le prix de la livraison, surtout pour les consommateurs plus jeunes, indépendamment des délais de livraison, demeure le choix pour la majorité des consommateurs. Ces tendances sont confirmées par le fait que plusieurs boutiques en ligne implantées aux États-Unis ont constaté que les consommateurs qui achètent de la marchandise en ligne sont attirés par la livraison gratuite et rapide. Ces deux services sont essentiels pour offrir aux clients l'expérience d'achat la plus agréable possible, pour les satisfaire pleinement et pour s'assurer que les consommateurs passent leurs commandes sans fermer la page avant la finalisation. L'indisponibilité de ces deux services, une livraison trop lente ou trop chère par rapport à la marchandise achetée figurent parmi les premières causes pour lesquelles les clients abandonnent le panier d'achat de façon permanente (E-Commerce News 2016). La livraison faite le jour même combinera le confort des achats en ligne avec la disponibilité immédiate de la marchandise qui est actuellement possible seulement auprès des magasins physiques (Joeress, Neuhaus, Schröder 2016). La même enquête a aussi montré que les consommateurs ne sont pas intéressés à d'autres lieux de livraison, comme les casiers pour colis, mais qu'ils souhaitent recevoir les colis à leur domicile. Hypothétiquement, dans les prochaines années, les entreprises de livraison devront réussir à satisfaire tous les nouvelles attentes des consommateurs, à travers les nouvelles technologies de livraison dès qu'elles seront disponibles.

4.2.4 La problématique du « dernier kilomètre³ »

Les colis qui doivent être livrés dans la même zone géographique sont regroupés pour optimiser et partager les coûts du transport d'un point à l'autre. Le processus de transport ne soulève pas de problèmes particuliers jusqu'à ce que les colis doivent être triés pour être remis au destinataire. Le « dernier kilomètre » est souvent l'étape la plus coûteuse et plus complexe du processus de livraison, car les coûts de livraison ne sont plus partagés avec les autres colis et la livraison de chaque colis est individuelle. Lors de la

² McKinsey & Company est un cabinet de conseil auprès des directions générales créée en 1926. En 2018 été classé à la première position parmi les cinquante meilleurs cabinets de consulting mondiaux (https://fr.wikipedia.org/wiki/McKinsey_%26_Company).

³ Le « dernier kilomètre » est un terme très utilisé dans le domaine de la livraison des marchandises à domicile et il représente la dernière distance parcourue par le colis (<https://www.definitions-marketing.com/definition/dernier-kilometre/>).

livraison au destinataire, des problèmes peuvent se manifester : la destination peut être difficile à trouver ou le destinataire peut être absent lorsque le livreur sonne à la porte. Si le destinataire n'est pas au domicile, l'entreprise tente de nouveaux essais de livraison ou dépose le colis dans un point de dépôt et de retrait. Toutes ces opérations, non prévues par protocole, nécessitent de l'énergie et des ressources supplémentaires et les conséquences, comme l'on peut évidemment imaginer, se répercutent sur les coûts. Les coûts du « dernier kilomètre » sont largement influencés par les caractéristiques du scénario de livraison. Si le destinataire habite au centre-ville, le colis parcourra seulement quelques centaines de mètres de manière individuelle parce que, vue la forte densité de population, plusieurs colis seront livrés dans la même zone géographique. Les coûts que l'entreprise doit prendre en charge restent donc relativement bas. En revanche, dans les zones rurales, les colis seront plus dispersés sur le territoire et par conséquent ils parcourront plus de kilomètres, parfois même des dizaines, de manière non mutualisée. Par conséquent, les coûts de livraison et donc les coûts liés à l'acheminement du colis dans le « dernier kilomètre » augmentent considérablement.

4.2.5 Le besoin de nouvelles solutions

Pendant ces dernières années, les entreprises de livraison se retrouvent face à une croissance du nombre des colis à livrer et à des attentes de clients de plus en plus exigeants et spécifiques. L'augmentation du nombre des colis à livrer à domicile a comporté un défi important pour les entreprises de livraison, en ce qui concerne les coûts de distribution. Le coût total global que les entreprises de livraison supportent chaque année pour livrer tous les colis dans le monde entier se situe autour de 70 milliards par an. Ces coûts sont en augmentation, entre 7% et 10% dans les marchés parvenus à maturité (comme le marché américain ou le marché alémanique) et plus que 100% dans les marchés en voie de développement. La responsabilité est due au fait que le commerce en ligne a transformé le marché de la logistique de B2B⁴ à B2C⁵ (Joerss, Neuhaus, Schröder 2016). Les coûts de distribution à domicile sont nettement plus élevés que les coûts de distribution dans les magasins, car les marchandises à domicile sont distribuées en petites quantités à différentes adresses éparpillées sur tout le territoire, alors que les marchandises dans les commerces sont distribuées en grosses quantités à un nombre inférieur d'adresses et que souvent ces derniers sont situés les uns près des autres. Ce

⁴ L'expression « business to business » (B2B) désigne l'ensemble des activités d'une entreprise visant une clientèle d'entreprises (https://fr.wikipedia.org/wiki/Business_to_business).

⁵ L'abréviation B2C désigne l'ensemble des relations qui unissent les entreprises et les consommateurs finaux (<https://www.journaldunet.fr/business/dictionnaire-economique-et-financier/1199123-b-to-c-ou-b2c-definition/>)

sont les clients qui vont ensuite acheter dans les magasins et qui emmènent ensuite la marchandise à leur domicile. Ce fait, issu du commerce en ligne, a réduit au minimum la marge de bénéfice des entreprises de livraison. Afin de rester compétitives et de poursuivre dans la pratique de prix raisonnables, les entreprises ont donc commencé à se demander comment répondre à la demande accrue, en optimisant toute la chaîne de distribution. Une solution plausible était de commencer à s'intéresser aux nouvelles technologies autonomes de livraison, comme les drones notamment. Les entreprises ont été attirées par le fait qu'en comparant les méthodes d'expédition actuelles, les drones n'ont pas besoin du travail manuel (en tout cas, ils en ont moins besoin), un coût très important qui devient de plus en plus lourd dans les comptes de charges des entreprises.

4.3 Les grands projets en cours dans la livraison

Presque tous les principaux acteurs de la livraison de marchandises, souvent en collaboration avec des start-ups du domaine des drones, ont commencé à explorer le domaine des drones et à essayer de mettre en place des projets de transport et de livraison de marchandises dans le monde entier. La Suisse est un pays parmi les acteurs principaux, car plusieurs projets ont vu le jour sur notre territoire national. Pour montrer à quel stade du développement on se retrouve, j'ai résumé les projets les plus intéressants (aux fins du présent travail) et innovants dans les prochaines lignes.

4.3.1 Transport des échantillons entre les deux hôpitaux de Lugano

La Poste Suisse est l'une des premières entreprises qui a commencé à s'intéresser aux drones à usage commercial : les premiers vols ont été effectués dans le Canton de Fribourg, sur une distance d'environ 10 kilomètres il y a quelques années. Suite à la réussite de ce projet, La Poste Suisse a voulu s'adresser aux clients : les directions des deux hôpitaux de la ville de Lugano (au Tessin) étaient les premiers clients à demander ce genre de service. Le projet, développé en collaboration avec le constructeur américain des drones Matternet⁶, avait l'objectif de transporter des échantillons de laboratoire entre les deux hôpitaux de la ville, de la façon la plus efficace possible, afin d'assurer aux patients un service de haute qualité. Depuis le novembre dernier, les drones sont utilisés de manière régulière (entre 4 et 12 fois par jour) et ils ont remplacé le service qui était

⁶ Matternet est une startup américaine fondée en 2011 par Andreas Raptopoulos, Dimitar Pachov et Paola Santana. Elle propose des solutions de transport par drones pour le secteur de la logistique. Elle développe également des logiciels pour la gestion de ces derniers (<https://www.crunchbase.com/organization/matternet>).

jusqu'à présent assuré par des taxi. Le transport avec les taxis, qui pouvait durer entre 15 et 35 minutes à cause de l'augmentation du trafic routier, avait été jugé toujours plus inefficace. Le projet mené par la Poste Suisse à Lugano est le premier vol avec des drones à titre commercial autorisé en Suisse par OFAC⁷, l'organe compétent en matière d'aviation (Dussault 2017).

Figure 4 : Le drone de Matternet utilisé entre les deux hôpitaux de Lugano



https://www.post.ch/api/censhare/asset/331815/master/image/0/331815_master

4.3.2 Amazon Prime Air

Amazon est la boutique en ligne par excellence : créée en 1994 aux Etats Unis, elle est l'une parmi les géants du web avec un chiffre d'affaires incroyable, qui s'atteste autour de 180 milliards de dollars. Fondée par Jeff Bezos, depuis plusieurs années ses ventes et bénéfices suivent une croissance inarrêtable. Ces données sont confirmées par le cours de l'action cotée à la bourse de New York qui, durant les derniers mois, a doublé en passant d'environ 800 dollars à environ 1600 dollars (Wikipedia 2018). Amazon, qui est le leader dans plusieurs pays du monde, expédie annuellement environ 608 millions de colis (Perlman 2016), parmi lesquels une grande partie sont de petite taille et d'un poids

⁷ L'office fédérale de l'aviation civile (OFAC), dépendant du département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication, est l'institution politique et l'organe de surveillance en matière d'aviation civile en Suisse.

inférieur à 2 kilogrammes et donc livrables par des drones. Amazon a commencé à s'intéresser aux drones en 2013 en lançant le projet Prime Air. Le but de ce projet est de livrer des colis à des adresses éloignées au maximum de 16 km des entrepôts de la multinationale dans les 30 minutes suivant la commande. Depuis quelques années, Amazon est en train d'effectuer des essais de vols dans plusieurs emplacements dans le monde entier, pour exploiter les drones dès que la loi le permettra. Le CEO de Amazon Jeff Bezos est convaincu du fait que les drones joueront un rôle déterminant dans l'acheminement des marchandises. Selon lui, dans les prochains années les drones seront employés au quotidien comme les camions sont employées de nos jours (Amazon.com 2018).

4.3.3 AHA et Flytrex

L'entreprise israélienne Flytrex et la boutique en ligne islandaise AHA.is ont mise en place un projet de livraison par drone dans la ville de Reykjavik. Comme indiqué par le CEO de AHA.is Maron Kristófersson, cette société a commencé à s'intéresser aux nouvelles technologies de livraison en 2014 et il est tout de suite apparu clair que les drones pourraient réduire les délais de livraison. En raison de la configuration du territoire islandais, caractérisé par de nombreux bassins d'eau, certaines destinations sont difficiles à atteindre ; ce qui fait qu'une distance linéaire de 2 kilomètres peut demander un trajet jusqu'à 7 kilomètres par voie routière. Les drones permettent d'économiser 20 minutes pour chaque livraison. Cela représente un coût non négligeable pour l'entreprise, si l'on considère également le coût élevé de la main d'œuvre locale (Flytrex 2017a). Actuellement AHA.is utilise les drones fournis par Flytrex pour transporter de la marchandise entre deux zones de la ville séparées par une large rivière. Aujourd'hui il s'agit du seul trajet approuvé par les autorités islandaises, mais AHA.is est intéressée à rendre la livraison par drones opérationnelle dans toutes les zones de la ville de Reykjavik (Flytrex 2017b).

4.3.4 Siroop et Mercedes Benz

La boutique en ligne Siroop, créée en 2015 par le distributeur de commerce au détail Coop et la compagnie téléphonique Swisscom, a mis au point un projet pilote pour la livraison d'achat en ligne par drones en utilisant des fourgons, en collaboration avec le fabricant automobile allemand Mercedes Benz (Farine 2017). Le projet a vu le jour au mois de septembre dernier pour une durée de trois semaines sur le lac de Zurich. Contrairement à d'autres projets où le drone atterrit directement dans le jardin ou devant la porte du

destinataire, dans ce projet le drone utilise le toit des fourgons des livreurs comme plateforme d'atterrissage. Le colis est pris en charge par le chauffeur afin de le remettre au destinataire. Grâce à cette façon d'employer les drones, qui comme les projets de la Poste Suisse sont fournis par l'entreprise américain Matternet, les développeurs veulent assurer un atterrissage précis, en toute sécurité et même continuer à effectuer la livraison comme d'habitude par l'intermédiaire des livreurs (Mercedes Benz 2017).

Figure 5 : Vans & Drone de Mercedes



[\(https://www.mercedes-benz.com/en/mercedes-benz/vehicules/transporter/vans-drones-in-zurich/\)](https://www.mercedes-benz.com/en/mercedes-benz/vehicules/transporter/vans-drones-in-zurich/)

4.3.5 Missions humanitaires

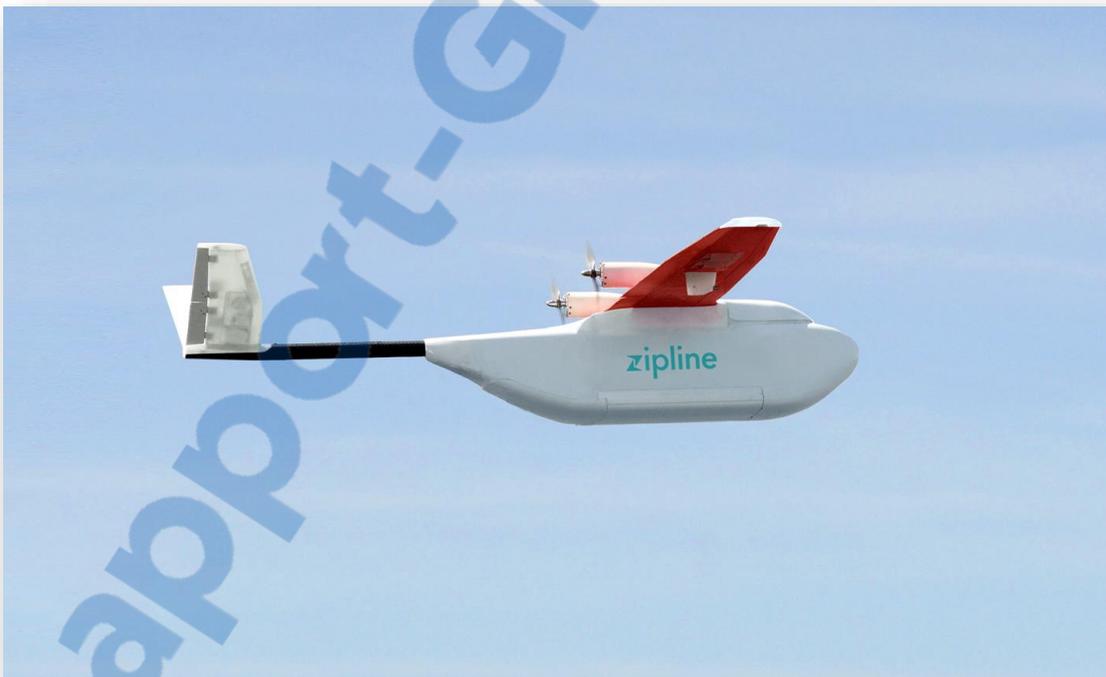
Les drones sont employés dans plusieurs pays du continent africain. Plusieurs projets ont vu le jour en Afrique, car les règlements sont moins stricts que dans les pays européens et donc il est moins compliqué et plus rapide d'obtenir des autorisations auprès des gouvernements locaux pour effectuer des tests ou mettre en place un réseau.

Au Malawi, le Fonds des Nations unies pour l'enfance (UNICEF), une agence de l'organisation des Nations Unies qui s'occupe d'améliorer les conditions de vie des enfants dans le monde, a commencé à tester un système de transport par les drones des tests de dépistage du VIH des bébés, en collaboration avec le gouvernement local. Ce

projet a comme but de réduire au minimum le temps de transport entre les lieux où les prises de sang sont effectuées et les laboratoires où les échantillons sont analysés (Hauchard 2017).

Au Ruanda, l'entreprise Zipline, une start-up américaine avec siège en Californie, a mis en place un projet de livraison par drones des poches de sang dans les zones qui sont moins accessibles du pays. L'hôpital qui n'a plus de sang en stock passe la commande par SMS et une trentaine de minutes après les poches de sang sont « parachutées » par un drone. Parcourir la même distance par voie routière nécessiterait de plusieurs heures, compte tenu des conditions déplorables du revêtement routier. Le temps est une variable très importante dans le secteur médical : gagner du temps peut sauver des vies humaines. Le projet a été très bien accueilli par les autorités compétentes et prochainement une autre « base de lancement » des drones sera construite (Lepidi 2017).

Figure 6 : Le drone de Zipline en vol



<https://www.stuffi.fr/wp-content/uploads/2016/04/zipline.png>

5. Les drones sous ses différents aspects

Afin de mieux comprendre dans quel environnement les drones livreurs se développeront, dans les prochaines pages j'analyserai les drones livreurs sous différents aspects afin d'identifier les avantages et les inconvénients et d'éventuels opportunités ou contraintes.

5.1 Les aspects juridiques

Le développement et la propagation rapide des drones n'ont pas permis aux lois et aux règlements de s'adapter vis-à-vis de leur venue. La législation a accumulé du retard et les réponses aux attentes d'une technologie qui continue à progresser tardent à arriver. Nous nous trouvons actuellement dans une sorte de jungle dans laquelle les règles à respecter sont peu claires et il est complexe d'identifier dans quelle direction les législations se développeront/vont se développer. Actuellement chaque pays applique ses propres règles et il n'existe aucune ligne commune. Désormais il existe seulement des règles pour les drones destinés au loisir, mais pour tout ce que concerne l'utilisation professionnelle, les dispositions sont encore assez vagues. La population, mais également les utilisateurs, s'inquiètent de plus en plus et les questions qui attendent des réponses sont de plus en plus nombreuses, surtout en raison du fait que les drones sont utilisés toujours plus fréquemment. Afin d'assurer un niveau élevé de sécurité et de réduire au maximum le nombre d'accidents, des règles claires et universelles sont extrêmement essentielles. Les autorités, pas uniquement celle suisses, doivent donner des réponses concrètes qui, selon mon opinion, tardent à arriver et qui sont désormais attendues depuis longtemps.

5.1.1 La réglementation en Suisse

Les aéronefs sans occupants ne sont actuellement pas soumis aux règles générales de l'aviation, mais une ordonnance spécifique a été élaborée. L'OFAC impose aux utilisateurs sur le territoire national les règles suivantes : les drones qui ne dépassent pas un poids total de 30 kilogrammes peuvent être utilisés sans aucune autorisation pour autant que le pilote maintienne un contact visuel direct avec l'appareil. Les vols autonomes (c'est-à-dire lorsque le trajet de vol est programmé à l'avance et le drone vole sans le besoin d'un pilote) sont admis pourvu que le drone reste dans le champ visuel du pilote et pour autant que le pilote soit capable de reprendre le contrôle du drone, au cas où un problème de toute nature se présente. L'exploitation des drones n'est pas possible en tous les lieux : il est interdit de faire voler des drones à moins de 5 kilomètres de

distance des pistes des aéroports ou des aérodromes, ainsi qu'à moins de 100 mètres de distance d'un rassemblement de personnes sans autorisation. En ce qui concerne les CTR⁸, la hauteur de vol ne peut pas dépasser les 150 m au-dessus du sol (Office fédéral de l'aviation civile 2018a). Les cantons et les communes peuvent définir d'autres zones d'exclusion, comme tel est le cas dans le Canton de Genève, où la législation locale interdit l'utilisation des drones à une distance de moins de 300 mètres des bâtiments publics, des établissements pénitentiaires, du Palais de justice, des bâtiments et des postes de police et des organisations internationale. Le Canton de Genève peut aussi mettre en œuvre des restrictions provisoires en cas de conférences internationales ou de grands rassemblements de personnes ou à proximité de certaines missions diplomatiques, sur recommandation de l'autorité fédérale (Législation genevoise 1951). En ce qui concerne la protection en cas de dommages, le pilote d'un drone de poids supérieur à 500 grammes doit stipuler obligatoirement une assurance responsabilité civile d'une somme d'un million de francs au moins (Office fédéral de l'aviation civile 2018a).

Un éventuel emploi des drones pour livrer des marchandises exige une autorisation, puisque les drones parcourent de longues distances et il n'est donc pas possible de toujours garder le contact visuel. Dans la majorité des scénarios également, il y a moyen que les drones survolent des rassemblements de personnes ou des zones d'exclusion. Afin de recevoir l'autorisation, le demandeur doit détailler l'opération qu'il veut effectuer et remettre une analyse détaillée des risques conformément aux directives élaborées par JARUS (Specific Operations Risk Assessment [SORA]⁹) à l'OFAC (Office fédéral de l'aviation civile 2018b). L'obtention d'une autorisation, qui peut coûter entre 50 francs et 5000 francs, prend d'un minimum de trois mois jusqu'à plusieurs mois. Des délais très long et une analyse des risques peuvent représenter un coût très élevé pour une entreprise, surtout s'il s'agit d'une petite ou moyenne entreprise. Dans le cas du projet de transport d'échantillons entre les deux hôpitaux de la ville de Lugano, la Poste Suisse a dû s'investir beaucoup pour obtenir l'autorisation : les longues négociations avec l'OFAC ont duré presque deux ans (Entretien avec M. Marrazzo, Head of Autonomous Delivery de la Poste Suisse, Berne, 7 mars 2018 cf. annexe 12).

Le type d'autorisation actuellement délivrée est caractérisé par une importante contrainte qui empêche la mise en place d'un réseau de livraison. L'actuelle autorisation donne la

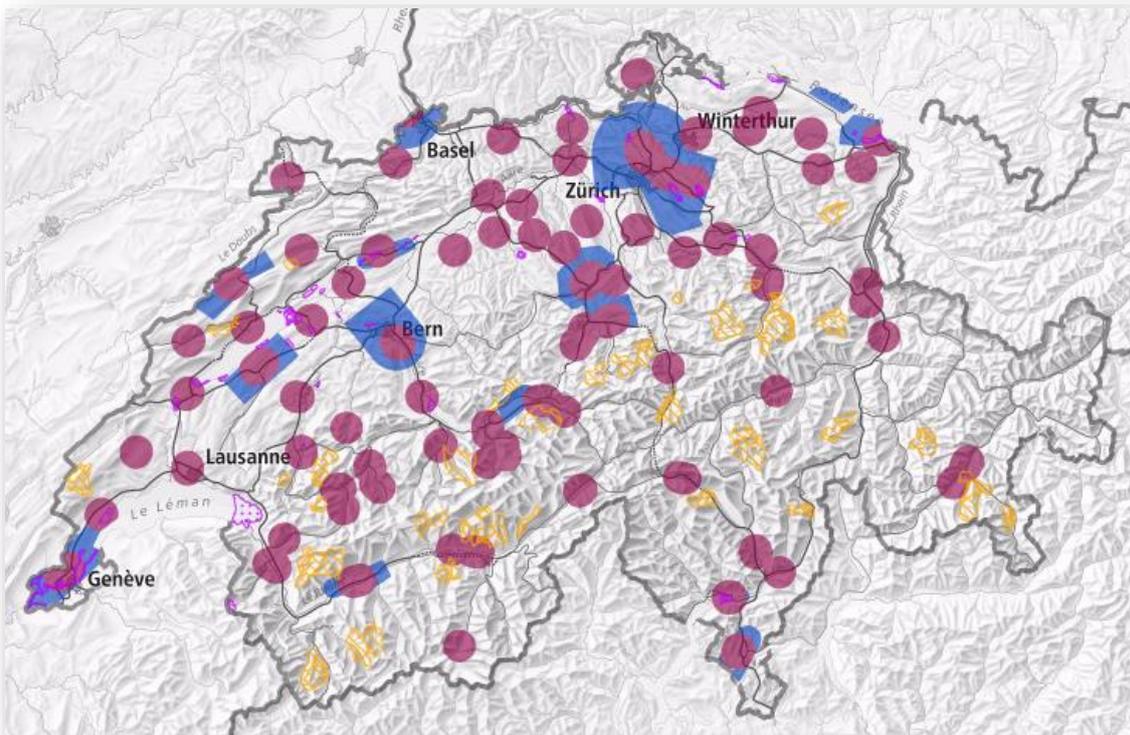
⁸ Les zones de contrôle (CTR) sont des zones d'environ 20 kilomètres autour des aéroports que sont surveillées par la tour de contrôle de l'aéroport concerné.

⁹ Le SORA est un document contenant une méthodologie à suivre pour analyser les risques liés à l'emploi des engins sans pilote afin de garantir une exploitation avec un élevé niveau de sécurité (<https://www.linkedin.com/pulse/specific-operations-risk-assessment-sora-drones-has-van-blyenburgh/>).

permission d'exploiter des drones sur une trajectoire bien définie (cf. annexe 11 pour les données demandées), ce qui signifie que le demandeur est autorisé à effectuer des vols uniquement pour le trajet pour lequel il a reçu l'autorisation. Il s'agit donc d'un vol depuis un point fixe initial jusqu'à un point fixe terminal. L'utilisation des drones pour des vols libres où les scénarios sont différents à chaque fois (depuis un point fixe initial jusqu'à un point terminal mobile/variable, qui change par rapport à la localisation du client) ne sont pas encore autorisés.

Pour faciliter l'utilisation des drones et pour éviter des infractions, l'Office fédéral de l'aviation civile a mis à disposition des usagers sur son site internet une carte interactive¹⁰ de la Suisse qui représente les différentes zones où une restriction ou une interdiction de vol s'applique, à l'aide de couleurs. L'utilisateur, avant d'entamer tout vol, peut se renseigner sur les lieux qui ne font pas l'objet de réglementations, et au cas où il doit déposer une demande d'autorisation, il est en mesure de la transmettre au bon service.

Figure 7 : Une capture d'écran de la carte interactive de la Suisse



(<https://redfilm.ch/wp-content/uploads/2017/10/carte-suisse-des-aerodrome.png>)

¹⁰ Carte aux drones : <https://www.bazl.admin.ch/bazl/fr/home/bonasavoir/drones-et-modeles-reduits/drohnenkarte.html>

5.1.2 La réglementation au niveau européen

Le gouvernement européen commencé à s'intéresser aux drones en 2012, en raison de la croissance du marché de l'aviation sans pilote qui a caractérisé ces dernières années et conscient du futur potentiel que cette technologie pourra apporter en termes de nouveaux postes de travail et de rendement économique. L'objectif était de proposer une nouvelle législation (qui n'a pas encore mise en place) qui devra répondre au mieux aux besoins du marché, et d'intégrer de la meilleure façon possible le drone dans l'espace aérien, en mettant à disposition des règles claires et uniformes entre les pays européens en matière de conception, équipement, certification et vol des drones. Ces mesures devront assurer une utilisation sécurisée de l'espace aérien, notamment en vue de l'utilisation de plus en plus fréquente de ce dernier. Pour réussir dans son intention, la Commission européenne avait constitué en 2012 le groupe appelé *European RPAS Steering Group*, formé de parties prenantes comprenant les majeurs experts et acteurs dans le domaine de l'aviation sans pilote. L'année suivante, le groupe a publié une Roadmap¹¹ avec les questions les plus importantes concernant l'intégration et la maîtrise des drones dans l'espace aérien, en gardant les standards élevés de sécurité actuels. Selon le groupe, les engins devront être certifiés et le pilote devra posséder une licence et une autorisation pour effectuer des opérations de vol, puisque les dangers potentiels qu'un manque de connaissance puisse provoquer sont élevés (European RPAS Steering Group 2013). Les exigences minimales ressemblent à celles qui sont déjà indispensables pour l'exploitation des aéronefs avec des personnes à bord. Actuellement chaque Pays de l'Union Européenne élabore et applique ses propres lois en suivant les recommandations et lignes directrices élaborées par JARUS¹², jusqu'à ce que la gouvernance européenne et la AESA¹³ n'appliqueront pas la nouvelle législation, qui devrait être votée dans les prochains mois et ensuite appliquée.

Malgré le fait que la Suisse ne soit pas Membre de l'Union Européenne, elle participe activement au développement de la nouvelle réglementation européenne. Les idées en

¹¹ Une roadmap est une représentation graphique simplifiée permettant de communiquer et de partager efficacement une intention stratégique afin de mobiliser, d'aligner et de coordonner les efforts des parties prenantes pour atteindre un ou plusieurs objectifs. (<https://fr.wikipedia.org/wiki/Roadmap>)

¹² JARUS est un groupe international composé par les organismes de l'aviation civile de plusieurs pays du monde entier dont fait également partie l'AESA et l'OFAC. Ce groupe d'experts s'occupe de développer des règles harmonisées pour tout ce que concerne les engins sans pilote à bord (http://jarus-rpas.org/sites/jarus-rpas.org/files/jarus_who_we_are_what_we_do_v_6_0_version_15112017.pdf).

¹³ L'Agence européenne de la sécurité aérienne (AESA) est une agence de l'Union européenne basée à Cologne (Allemagne) qui est chargée de veiller à la sécurité et à la protection de l'environnement dans les transports aériens en Europe (https://europa.eu/european-union/about-eu/agencies/easa_fr).

matière de drones de l'Office fédérale de l'aviation civile (OFAC) sont souvent prises en considération par l'agence européenne de la sécurité aérienne (AESA), surtout grâce au fait que la Suisse garde une approche libérale vers les drones et que notre Pays est très présent dans le développement de cette technologie (la preuve en est le fait que beaucoup des projets avec les drones ont vu le jour sur notre territoire nationale). Actuellement nous pouvons nous considérer comme un exemple pour les autres pays en matière de réglementation. L'OFAC partage aussi l'idée d'une nouvelle réglementation universelle. Quand elles seront disponibles, la Suisse s'alignera aux directives européennes afin d'éviter tout malentendu et de promouvoir des règles uniformes (Marenne 2018).

5.2 Les aspects environnementaux

5.2.1 Émissions

Le secteur des transports de marchandises est l'un des secteurs les plus polluants, qui cause le réchauffement de la planète. Selon des enquêtes, il représente un cinquième des émissions mondiales de gaz à effet de serre (Milman 2018). L'emploi des drones dans ce domaine pourra aider à diminuer les émissions, mais une véritable réduction sera possible seulement à certaines conditions.

Aux Etats-Unis, Amazon offre à ses clients américains la livraison de colis en moins de 2 heures. Afin de pouvoir offrir des temps de livraison autant courts, Amazon possède plus de 58 entrepôts sur l'ensemble du territoire, consacrés exclusivement à ce service. Les entrepôts sont disposés de façon stratégique sur le territoire et aussi près que possible des consommateurs pour les rejoindre dans les meilleurs délais. Le seul moyen pour réussir à offrir ces délais est de rapprocher la marchandise au client (Abrams Kaplan 2017).

En raison de son autonomie limitée en le comparant aux fourgons, le drone nécessitera d'entrepôts supplémentaires pour couvrir l'ensemble du territoire. À titre d'exemple, une étude estime que pour servir la ville de San Francisco il faudrait 4 entrepôts, un numéro bas qui n'aurait pas un élevé impact environnemental. Au contraire, pour servir la zone de la Greater Bay¹⁴, il en faudrait une douzaine de nouveaux, vue la grande surface à couvrir (Samaras, Stolaroff 2018). Les entreprises devront donc investir dans la construction de nouveaux entrepôts et dans l'ajustement des entrepôts déjà existants. La

¹⁴ La zone de la Greater Aerea se réfère au souhait du gouvernement chinois de lier les villes de Hong Kong, Macau, Guangzhou, Shenzhen, Zhuhai, Foshan, Zhongshan, Dongguan, Huizhou, Jiangmen and Zhaoqing afin de créer un seul pôle économique.

mise en place et l'approvisionnement en énergie des nouveaux entrepôts sont nuisibles pour l'environnement car elles entraîneront une augmentation de la consommation des ressources (Milman 2018).

Malgré les drones utilisent moins d'énergie pour parcourir la même distance, ils ne sont pas moins polluants dans tous les cas (Samaras, Stolaroff 2018). Ils sont moins polluants en comparaison des fourgons, lorsque le lieu de destination n'est pas trop loin et lorsque la tournée de livraison avec un fourgon compte un petit nombre des colis à livrer aux destinataires. Contrairement, ils sont plus polluants quand la tournée de livraison avec un fourgon compte de nombreux destinataires et les adresses à atteindre sont très éloignés du point de départ. Les drones ne peuvent livrer qu'un colis à chaque fois et doivent toujours retourner à l'entrepôt pour en chercher un autre, alors qu'un camion peut être chargé avec de dizaines des colis. Le risque est donc que les drones devront parcourir plus des kilomètres pour livrer le même nombre des colis qu'un fourgon peut livrer en une seule tournée (Langston 2017).

Un autre aspect qu'il faut tenir compte est la charge utile : la consommation d'énergie des drones est influencée davantage par le poids transporté, comparé aux fourgons. Cela signifie que la consommation d'énergie des drones augmente de façon exponentielle à l'accroissement du poids. Les drones sont peu polluants si la marchandise qu'ils doivent transporter est de faible poids. Les colis lourds doivent continuer à être livrés avec les fourgons, car pour ces derniers la consommation d'énergie est très peu influencée par le poids des colis (Stolaroff, Samaras, O'Neill, Lubers, Mitchell, Ceperley 2018).

Il faut enfin également considérer la source d'énergie qui sera utilisé pour recharger les batteries des drones et le fait que l'utilisation des drones affectera également le nombre de véhicules circulant sur les routes. Une éventuelle réduction des bouchons et du nombre d'accidents sera envisageable et pourra apporter de grands bénéfices, surtout dans les lieux où le réseau routier est actuellement surexploité (Langston 2017).

5.2.2 Nuisances sonores

Les pales des hélices des moteurs des drones, qui sont souvent 4 ou plus, produisent des nuisances sonores susceptibles de perturber les habitants des zones survolées par ces-ci. Ces nuisances sonores perturbent également les espèces sauvages, notamment les oiseaux, qui vivent dans des zones moins peuplées, des territoires très présents en

Suisse. Selon une étude de la NASA¹⁵, les nuisances acoustiques émises par les drones sont plus désagréables pour l'être humain que celles provenant des voitures à puissance équivalente (Le Monde 2017). En ce qui concerne la protection des animaux, les lois suisses interdisent déjà le survol des réserves d'oiseaux nationales et internationales et donnent aussi le pouvoir aux Cantons de limiter ou interdire le survol de zones protégées ou de zones où la présence de la faune est connue (Confédération Suisse, 2015). Dans le cas des êtres humains, et si l'on prend comme exemple le projet entre les deux hôpitaux de Lugano, le bruit des drones qui survolent les immeubles tout au long du trajet a causé des malaises au sein de la population. Quelques habitants, qui résident dans cette zone, se sont plaints à cause des bruits produits par les engins, ce qui a également provoqué l'intervention d'une conseillère municipale de la ville de Lugano. La réponse est parvenue quelques jours après : les drones ne représentent pas un danger ou un obstacle pour les habitants de la ville (Stevanovic 2017). Dans les années à venir, suite au progrès technologique qui pourra apporter des améliorations aux drones, les bruits produits par les hélices seront considérablement réduits.

5.3 Les aspects techniques

Pendant ces dernières années, les drones ont beaucoup évolués, la technologie est devenue de plus en plus performante et utilisable dans plusieurs domaines. Malgré toute cette évolution, les drones sont encore caractérisés par des contraintes techniques, que je vais illustrer dans les paragraphes qui suivent.

5.3.1 Charge utile et autonomie limitée

Contrairement aux moyens de livraison traditionnels, comme les fourgons ou les voitures qui peuvent charger jusqu'à environ 300 colis et parcourir jusqu'à 500 kilomètres avant que le réservoir soit vide, les drones présentent des limites plus restreintes. Actuellement les drones ne peuvent que transporter un seul colis de dimensions et poids réduits. Dans le cas de mon travail, j'ai pris comme référence un drone utilisé dans le projet entre les deux hôpitaux de Lugano, qui a été produit par la start-up américaine Matternet. Ce modèle, nommé M2, peut transporter un colis d'une taille maximale de 19 x 11 x 13 centimètres et d'un poids maximal de 2 kilogrammes. Une autre problématique à tenir en considération, comme déjà mentionné dans le chapitre précédent, consiste dans la

¹⁵ La NASA est l'agence gouvernementale des Etats-Unis en charge du programme spatial civil et de la recherche aéronautique.

difficulté à augmenter la charge utile. Le poids du colis influence négativement l'autonomie du drone : la consommation d'énergie augmente fortement de façon non proportionnelle à une petite augmentation du poids transportable. Étant donné que l'autonomie est déjà l'une des principales contraintes des drones, il sera donc très peu probable que les entreprises parviendront à développer des drones à grande capacité de charge.

5.3.2 Les conditions météorologiques

Les conditions météorologiques peuvent être un problème non négligeable pour les drones. Au fil des dernières années, nous avons pu constater des changements climatiques de plus en plus brusques et de plus en plus fréquents. Des conditions météorologiques défavorables peuvent avoir des effets négatifs sur le vol du drone et donc se répercuter sur la sécurité de la marchandise transportée et sur les individus et les infrastructures survolés. L'activité des entreprises est également affectée : si les conditions climatiques sont mauvaises, les drones sont cloués au sol, ce qui cause de multiples retards dans les livraisons. Comme la Suisse est un pays caractérisé par des conditions climatiques assez extrêmes, surtout dans les montagnes (les endroits où nous pourrions tirer au mieux profit de l'utilisation des drones), la présence de neige et de glace est assez répandue. Des conditions climatiques défavorables peuvent aussi affecter les performances des drones : par exemple, un vent fort peut réduire considérablement l'autonomie de la batterie, tandis que la formation de glace sur les hélices peut rendre le drone inutilisable (Entretien avec M. Marrazzo, Head of Autonomous Delivery de la Poste Suisse, Berne, 7 mars 2018 cf. annexe 12).

La meilleure façon de résoudre le problème serait d'installer des stations météorologiques en tout lieu afin d'avoir le plus grand nombre des données, mais d'un point de vue économique l'investissement serait trop cher et pas du tout rentable, comme affirmé par Jon Tarleton, responsable marketing dans une entreprise américaine qui fabrique des stations météorologiques. Actuellement ce type d'installations sont disponibles uniquement dans les alentours des aéroports (Black 2017).

En ce qui concerne les drones qui volent entre les deux hôpitaux de Lugano, ils ont dû être certifiés une deuxième fois, après les ajustements nécessaires, pour être utilisés pendant des journées de pluie. Le progrès technologique pourra offrir des drones capables de voler aussi quand les conditions météorologiques sont défavorables (Entretien avec M. Marrazzo, Head of Autonomous Delivery de la Poste Suisse, Berne, 7 mars 2018 cf. annexe 12).

Le drone peut représenter une solution pour livrer des marchandises dans des zones isolées après une calamité naturelle : souvent les voies d'accès sont bloquées et la seule façon de y accéder est la voie aérienne. Dans certains pays, les drones sont déjà employés pour emmener le plus rapidement possible des médicaments, des biens de première nécessité ou même des défibrillateurs ou des gilets de sauvetage à des nageurs en danger (Shah 2018).

Figure 8 : Le drone Little Ripper Life Saver (Australie)



(<http://www.industrytap.com/wp-content/uploads/2018/01/little.jpg>)

5.3.3 Une menace pour l'aviation civile

Selon une enquête de la FAA¹⁶, les drones représentent une grande menace pour les avions. Dans les mêmes conditions, l'impact d'un drone avec un avion cause plus de dommages structurels que l'impact d'un oiseau. En raison de l'augmentation du nombre des drones, la menace est donc de plus en plus réelle et croissante (Daily Sabah 2017).

La gestion de l'espace aérien est l'une des grandes inconnues. Différentes associations et entreprises s'intéressent concrètement à trouver des solutions depuis quelques temps mais pour le moment aucune solution n'a été mise en place. Actuellement l'utilisation des drones n'est pas contrôlée, ce qui signifie qu'il n'existe aucune obligation en matière d'enregistrement de l'immatriculation du drone ni d'annonce du décollage et de l'atterrissage (si hors zones restreintes) ou du trajet de vol. Aujourd'hui, toute personne peut acheter un drone et l'utiliser librement sans aucun souci. Les conséquences sont

¹⁶ La FAA, Federal Aviation Administration, est l'agence gouvernementale qui s'occupe des réglementations et des contrôles dans le domaine de l'aviation civile aux États-Unis

évidentes : l'identification des propriétaires, principalement lorsqu'une infraction est accomplie, est très difficile, n'importe qui peut conduire un drone (peut-être même sans le savoir utiliser), des crimes peuvent être commis (transport de stupéfiants, espionnage des infrastructures, infiltration de biens sensibles dans les prisons, ...). La probabilité qu'un accident se manifeste augmente au fur et à mesure que le marché s'agrandit. Imaginez-vous, dans un futur proche, avec une multitude de drones (livraison, photographie aérienne, loisir, ...) dans le ciel, qui accomplissent une multitude de tâches différentes (acheminement de marchandises, enregistrements vidéo d'une manifestation, jeu libre avec drone, ...) sans aucun contrôle et sans un système de surveillance et de communication qui veille au bon déroulement de chaque action. Cela serait inimaginable. Dans les années à venir, une irréprochable gestion de l'espace aérien sera extrêmement nécessaire, afin d'éviter tout genre d'accidents et de réduire au minimum les risques. Comme tel est déjà le cas pour les règles d'utilisation des drones, le gouvernement voudrait créer un registre des drones, dès que possible, pour éviter toutes les mauvaises conséquences possibles (Le Matin 2018). La société Skyguide mettra prochainement en place la plateforme « U-Space », ce qui obligera tous les utilisateurs de drones à enregistrer leur engin afin de pouvoir être identifiés pendant le vol (ATS 2018).

5.3.4 L'atterrissage

L'atterrissage du drone est une étape très délicate du processus de livraison. Selon le scénario, les variables auxquelles un drone doit faire face changent considérablement. Dans une livraison en ville, le nombre de dangers est beaucoup plus élevé que dans une livraison en pleine campagne, où le nombre de périls est quasi inexistant. En ville, il y a plus d'obstacles qu'à la campagne, les espaces sont plus étroites et la structure des immeubles est différente par rapport aux immeubles dans les régions de campagne ou montagneuses. Le type d'habitation du destinataire est une variable qui peut poser des problèmes au moment de la remise du colis. Si le destinataire habite dans une maison avec un jardin, le drone a tout l'espace dont il a besoin pour atterrir sans avoir des conséquences négatives sur lui-même ou sur les personnes ou les objets autour ; en revanche, dans le cas d'une livraison dans une immeuble, des contraintes surviennent : le colis ne peut pas être remis à la porte de l'appartement mais seulement devant l'immeuble (le destinataire doit donc être impérativement présent, le colis ne peut pas être laissé sans surveillance) et l'atterrissage peut être plus dangereux (si, par exemple, des enfants qui jouent dans le jardin, ...).

Afin de résoudre ce problème et de pouvoir offrir la livraison aussi dans les endroits où les contraintes sont supérieures, des entreprises actives dans le domaine des drones ont mis au point des plateformes surélevées en vue de garantir un atterrissage en toute sécurité, grâce auxquelles les engins peuvent atterrir sans provoquer d'accidents. Une fois que le drone s'est posé, le colis est détenu à l'intérieur de la plateforme jusqu'à quand le client s'occupe de le récupérer en insérant un code numérique précédemment envoyé. La plateforme offre aussi le service dans le sens inverse : pour envoyer un colis, l'expéditeur le dépose dans la plateforme, qui ensuite charge automatiquement le paquet dans un drone, dès qu'un est disponible. La plateforme est également en mesure de remplacer automatiquement les batteries du drone et donc d'augmenter considérablement l'autonomie et la distance parcourue. Elle offre aussi une solution pour résoudre une autre problématique : souvent la délivrance d'un colis exige d'actions supplémentaires, comme la distribution contre signature, la vérification de l'identité du destinataire ou le paiement de frais de port, du droit à l'importation ou de la TVA, actuellement ces tâches sont faites par les facteurs. Toutes ces tâches pourront être accomplies par la plateforme ; aucune autre proposition en dehors des plateformes n'a été avancée pour la résolution de ces contraintes lors de la livraison sans installations supplémentaires.

5.4 Les aspects sociaux des drones

L'essor des véhicules autonomes dans le secteur de la logistique a soulevé des incertitudes par rapport à l'impact que cette technologie pourrait avoir sur la population active. Les plus sceptiques pensent que l'emploi des véhicules autonomes aura une incidence négative sur le marché du travail, car l'automatisation du processus de livraison équivaut à l'élimination des tâches qui sont actuellement accomplies par un être humain. Bien que la Poste Suisse ait garanti à ses salariés que les drones ne substitueront jamais les facteurs mais seront utilisés de façon complémentaire (Bailat 2015), il est évident que les entreprises ont commencé à s'intéresser aux engins pour réduire la nécessité du facteur humain dans le processus de livraison. Même si cette présomption pourra se manifester, les positions sur les conséquences restent divergentes : d'un côté, une partie de l'opinion publique croit que les drones substitueront l'être humain, et de l'autre quelques personnes pensent que les drones créeront plus de postes de travail par rapport à celles qu'ils élimineront, compte tenu du fait qu'il s'agit d'un marché en forte croissance. Le fait que les gens passent plus de commandes en ligne, au lieu de se rendre dans les magasins, a causé tout d'abord une stagnation et en suite une diminution des ventes dans les magasins (Marché suisse du commerce en ligne et à distance 2016) mais en revanche

le secteur du commerce en ligne ne cesse de registrer de chiffres impressionnants. Le scénario que nous nous apprêtons à vivre dans les années à venir n'est donc pas trop inquiétant, mais nous pourrions en bénéficier non seulement à travers l'accès à des marchandises de façon plus rapide et moins coûteuse, mais aussi en termes de nouveaux postes de travail : il y aura peut-être une possible diminution du nombre des postes dans la livraison des marchandises (moins de chauffeurs avec fourgon) mais la croissance du secteur logistique entrainera un recrutement continu de nouveaux collaborateurs dans d'autres services. Les drones nécessiteront de personnel qualifié pour assurer la maintenance et le constant fonctionnement du réseau.

Rapport-gratuit.com 

6. Les coûts pris en considération

6.1 Les coûts pris en considération pour la livraison standard

6.1.1 Le salaire horaire d'un livreur

Le camion de livraison requiert un conducteur professionnel. Selon la convention collective de travail de PostLogistics SA, le salaire brut annuel minimal pour un emploi à plein temps d'un conducteur de fourgon s'élève à CHF 46'887 CHF. La durée du travail est de 44 heures par semaine. Le salaire annuel minimal inclut la treizième mensualité. Le conducteur a droit à 5 semaines de vacances par an. La part des cotisations à la charge de l'employeur doit être ajoutée au salaire brut annuel minimal. Le coût pour l'entreprise est donc plus élevé. J'ai calculé ci-dessous le salaire horaire :

Tableau 1 : Le coût horaire d'un livreur

Cotisations employeur ¹⁷ * mensualités	$592 * 13 = 7'696$ CHF
Salaire brut annuel + cotisations employeur	$46'887 + 7'696 = 54'583$ CHF
Coût salaire annuel / semaines de travail	$54'583 / 47 = 1161$ CHF
Coût salaire hebdomadaire / heures par semaine	$1'161 / 44 = 26,40$ CHF

Le coût horaire du livreur que l'entreprise doit supporter est d'environ 26,40 CHF.

6.1.2 Le prix de revient kilométrique d'un fourgon

Les entreprises de livraison utilisent des fourgons de taille moyenne pour livrer les colis. L'achat et l'exploitation d'un fourgon représente un coût pour l'entreprise, qui est composé des plusieurs frais, certains fixes et d'autres variables.

Dans mes scénarios, j'estime utiliser le fourgon pendant 10 ans et parcourir environ 50'000 kilomètres par année (aucune donnée était disponible concernant les kilomètres parcourus par un livreur chaque jour, j'ai estimé que le fourgon parcourt environ 150 kilomètres par jour). Le fourgon est amorti d'une manière constante sur 10 ans et est payé

¹⁷ Cotisations employeur selon le calculateur de charges salariales pour employeur de la Fédération des entreprises Romandes Genève (<https://www.fer-ge.ch/web/fer-ge/calculateur-charges-salariales-employeur>). Les chiffres ont été arrondis à l'unité entière.

comptant lors de l'achat (aucun crédit ou leasing n'est fait). Les dépenses qui ne varient pas selon l'usage du véhicule, à savoir les frais fixes à prendre en compte sont l'achat (amorti dans les années), l'impôt de circulation, les assurances, les dépenses accessoires annuelles (vignette, ...) et l'entretien du véhicule. Les frais variables, c'est-à-dire les dépenses qui varient selon l'usage du véhicule sont : le carburant, les pneus et les services obligatoires. Dans mes scénarios, j'ai décidé d'utiliser un fourgon Master du constructeur français Renault. L'impôt sur les véhicules est calculé selon le barème du Service cantonal des véhicules du Canton de Genève ; l'assurance du véhicule est calculée avec le logiciel disponible sur le site web de la société d'assurances Baloise et inclut la responsabilité civile, la casco partielle, la casco collision, les couvertures supplémentaires et les accidents occupants. La consommation de carburant est calculée selon les données techniques du véhicule sur une base d'environ 50'000 kilomètres parcourus et selon le prix actuel du diesel en Suisse. En payant un montant annuel fixe, Renault Suisse offre un service d'entretien qui inclut les pièces d'usure, les liquides et l'extension de la garantie et l'assistance routière en cas de panne ou d'accident. J'ai décidé d'ajouter à tous ces coûts un montant mensuel fixe pour les frais de nettoyage, la place de parking et la vignette autoroutière.

Les coûts totaux s'élèvent à 14'000 CHF par année (les détails sont annexés au présent travail). Tout en sachant que le fourgon parcourt environ 50'000 kilomètres par an, **le prix de revient kilométrique est d'environ 0,30 CHF.**

Figure 9 : Deux fourgons Renault Master de la Poste Suisse



http://www.wirag.ch/images/db/34postchag_bern_september2013_1.JPG

6.2 Les coûts pris en considération pour la livraison par drone

6.2.1 Le prix de revient à la minute d'un drone livreur

En raison de la rapidité du développement technologique, il est aujourd'hui extrêmement complexe de déterminer les coûts que les entreprises devront supporter pour se doter d'un réseau des drones livreurs. Le domaine des drones est actuellement en pleine évolution : on y trouve plusieurs acteurs qui produisent plusieurs prototypes, à partir des grandes multinationales jusqu'aux petites start-ups. De ce fait, il est difficile de comprendre quels modèles de drones seront adoptés par les entreprises et qui seront les fabricants. Aujourd'hui il ne fait pas de sens d'acheter des drones, comme la technologie se développe rapidement, dès que l'on achète un drone, il y a déjà des nouveautés qui apparaissent sur le marché, on sera donc toujours en retard. Les petites entreprises vont certainement disparaître ou seront achetées par les grands groupes. Dans le projet entre les deux hôpitaux de la ville de Lugano, les drones ne sont pas de propriété de la Poste Suisse, mais ont été mis à disposition par Matternet, qui est l'un des trois partenaires de ce projet (Entretien avec M. Marrazzo, Head of Autonomous Delivery de la Poste Suisse, Berne, 7 mars 2018 cf. annexe 12).

Un autre élément à prendre en considération est la façon dont ces engins sont produits. Actuellement les drones commerciaux sont des projets spécifiques et la plupart d'entre eux sont produits à petite échelle ; les coûts sont donc très élevés. Selon le peu d'informations disponibles, j'ai pu constater que le prix actuel d'un drone produit pour un projet se situe entre 25'000 et 50'000 CHF (Entretien avec M. Marrazzo, Head of Autonomous Delivery de la Poste Suisse, Berne, 7 mars 2018 cf. annexe 12).

Dès que la technologie sera bien définie et l'utilisation dans le domaine de la livraison sera régulièrement utilisée, les drones commerciaux seront produits à grande échelle dans les usines, comme c'est le cas avec les drones destinés aux loisirs. Cela entraînera une considérable baisse des coûts de fabrication et donc une plus grande accessibilité pour les futurs clients. Pendant son intervention lors de la conférence TED en 2013 à Edinburgh, le CEO de Matternet Andreas Raptopoulos a déclaré que les coûts de production sont en train de diminuer dans une large mesure et qu'un quadricoptère ne coûtera pas/plus beaucoup (Raptopoulos 2013). Il prévoit que le prix des drones produits par sa société se situera entre les 3'000 et les 5'000 USD (Farivar 2015). De plus, Raptopoulos envisage d'offrir la possibilité aux entreprises de louer ses drones pour la modique somme de 1000 USD mensuels. Le prix, y compris les frais, inclura l'accès au logiciel qui permet la planification et la gestion du vol du drone (Lee 2017).

Les drones, comme tel est d'ailleurs le cas pour les fourgons de livraison, exigent un entretien continu. Selon Eros Egloff, technicien électronique chez Dronability Sagl, une startup basée à Lugano qui propose de multiples services avec les drones, les coûts d'entretien sont élevés (pour les détails, voir l'annexe 10). Une partie des composantes, comme les moteurs ou les batteries, doivent être remplacés après un certain temps d'utilisation. La durée de vie moyenne des moteurs est d'environ 1000 heures. Les batteries doivent être remplacées après environ 300/500 cycles de chargement et déchargement et, selon la taille, elles peuvent offrir une durée de vol qui peut varier entre quelques minutes et une trentaine des minutes. Il faut également considérer que plus la batterie est utilisée, plus sa capacité tend à diminuer, et donc le drone pourra rester en vol moins longtemps. En revanche, l'électronique installée à bord a une durée de vie pratiquement illimitée. Le logiciel même doit être mis à jour constamment, afin d'avoir toujours à disposition sa dernière version.

Dans mes scénarios, j'estime que les drones seront employés 6 jours par semaine, à savoir du lundi au samedi, de 8h du matin jusqu'au 20h le soir : la journée de travail durera donc 12 heures. Le processus de livraison est reparti dans les étapes suivantes : vérifier le bon état du drone (environ 15 minutes ; plusieurs étapes à effectuer selon une liste donnée), remplacer les batteries usagées, charger la marchandise, insérer et vérifier l'itinéraire de vol et préparer le drone sur la plateforme de décollage, ensuite atteindre le point de destination (environ 15' de vol en moyenne) et revenir au point de départ (encore 15' de vol en moyenne). Le processus de livraison durera donc au total 45 minutes environ. Chaque drone peut donc effectuer 16 vols d'environ 30 minutes (hors les 15 minutes d'entretien) chacun sur une journée de travail de 12 heures ($12 \text{ heures} * 60 \text{ minutes} / 45 \text{ minutes} = 16 \text{ vols}$).

Dans mes calculs, j'ai décidé d'utiliser le prix d'achat, à savoir 5000 USD, que les entreprises s'attendent à payer quand les drones deviendront une réalité. Je pense qu'il faut utiliser ce prix vu que cette technologie n'est pas encore utilisable et qu'elle verra le jour seulement dans quelques années. Je trouve que cela ne fait pas de sens d'utiliser le prix d'achat actuel dans mes calculs, car actuellement le prix n'est pas défini et il s'agit seulement de projets spécifiques. Le drone est amorti sur 3 ans par le fait que la technologie évolue rapidement et que donc l'électronique ne reste pas longtemps d'actualité.

Le prix moyen d'une batterie pour ce genre de drone est d'environ 500 CHF. Tout en sachant que la durée de vie d'une batterie est d'environ 300/500 cycles de chargement et déchargement et en effectuant 16 vols par jours, la batterie arrivera en fin de vie environ

tous les mois. En ce qui concerne les moteurs, le prix moyen d'un moteur pour ce genre de drone est d'environ 300 CHF. Le drone est équipé avec 4 moteurs : sachant que la durée de vie moyenne des moteurs est d'environ 1000 heures, il faudra les substituer tous les 5 mois. Dans mes calculs, j'ai aussi pris en considération la souscription d'une assurance de responsabilité civile qu'est obligatoire, comme prévu par la loi. En ce qui concerne le logiciel pour la gestion du plan de vol, je me suis basé sur les prix pratiqués par l'entreprise israélienne Flytrex. Cette dernière offre l'accès à son logiciel de gestion des drones de taille moyenne pour environ 280 USD par mois. Dans ce coût mensuel, tous les outils pour la planification du vol et la gestion du drone avant, après et pendant le vol sont inclus (Flytrex 2018). En ce qui concerne la consommation d'électricité, j'ai appliqué le prix moyen de l'électricité en Suisse, que s'atteste autour de 0,20 CHF par kWh (Bilan 2017).

Les coûts totaux s'élèvent donc à environ 15'500 CHF par an (les détails sont annexés au présent travail). Sachant que le drone effectue quotidiennement 16 vols de 30 minutes chacun pendant 6 jours par semaine, **le prix de revient à la minute est d'environ 0,10 CHF.**

Figure 10 : Le drone de Matternet montré au public lors de la conférence TED



https://tedconfblog.files.wordpress.com/2013/06/tg2013_026131_d41_9010.jpg

6.2.2 Le salaire horaire d'un opérateur

Bien que les drones volent de manière indépendante, une personne est toujours nécessaire, c'est-à-dire quelqu'un qui s'occupe de charger la marchandise, de saisir l'itinéraire de destination et de remplacer les batteries usagées. Le même opérateur devra également être capable de procéder à vérification de l'état du drone, avant et après le vol afin d'éviter tout inconvénient. La personne nécessitera donc d'une formation adéquate, qui devra être dispensée avant la mise en place de cette technologie de livraison. Le processus de livraison durant environ 45 minutes, le même opérateur pourra gérer jusqu'à 3 drones à la fois. Lorsque les deux premiers drones seront en vol, l'opérateur s'occupera du troisième. Afin de calculer le salaire horaire d'un opérateur, j'ai décidé de prendre en considération le salaire moyen Suisse d'un technicien électronique. Le salaire moyenne brut par mois est de 5438 CHF (L'illustré, 2017). La part des cotisations à la charge de l'employeur doit être ajoutée au salaire et le salaire doit être reparté de manière équitable sur les 3 drones, que le même opérateur arrive à gérer parallèlement. Les heures de travail par semaine et les semaines de vacances utilisées dans mes calculs suivent les indications de la loi sur le travail.

Tableau 2 : Le salaire horaire d'un operateur

Cotisations employeur ¹⁸ * mensualités	$893 * 13 = 11'609$ CHF
Salaire brut mensuel * mensualités	$5438 * 13 = 70'694$ CHF
Coût salaire mensuel + Cotisations employeur	$70'694 + 11'609 = 82'303$ CHF
Coût salaire annuel / semaines de travail	$82'303$ CHF / 48 = 1715 CHF
Coût salaire hebdomadaire / heures par semaine	1715 CHF / 45 = 38,10 CHF

Le coût horaire de l'opérateur que l'entreprise doit supporter est d'environ 38,10 CHF. Le coût horaire de l'opérateur doit être réparti sur les trois drones que le même opérateur pourra gérer au même temps. Par conséquent le coût horaire s'atteint donc à 12,70 CHF.

¹⁸ Cotisations employeur selon le calculateur de charges salariales pour employeur de la Fédération des entreprises Romandes Genève (<https://www.fer-ge.ch/web/fer-ge/calculateur-charges-salariales-employeur>). Les chiffres sont arrondis à l'unité entière.

7. Les coûts pas pris en considération

Seulement une partie des coûts a été prise en considération : dans les deux méthodes de livraison, à savoir la voie routière et les drones, les coûts indirects, tels que l'administration (par exemple les salaires), la location des locaux commerciaux, le matériel informatique et téléphonique, la publicité, etc. n'ont pas été additionnées aux résultats obtenus. Dans tous mes calculs, je me suis limité aux coûts directs, c'est-à-dire tous ceux qui sont directement liés à des services spécifiques.

Dans le cas de la livraison par drone, il faut aussi mentionner que certains coûts sont inconnus à l'heure actuelle et donc n'ont pas été considérés. Jusqu'au moment où les lois, les règlements et les exigences minimales ne seront pas définies, il est impossible d'estimer d'éventuels frais liés à ces derniers points, mais certainement, et dans l'hypothèse qu'ils seront utilisés couramment, des impôts de circulation ou des frais de ce genre seront appliqués. Il ne faut pas non plus oublier que les drones entraînent un investissement initial important : la mise en place du réseau, l'achat ou la location de logiciels ou services de gestion de vol qui doit être mise à jour régulièrement pour d'assurer un fonctionnement idéal. Les locaux doivent ainsi être adaptés à l'utilisation des drones, il faudra donc mettre en place des quais de décollage et d'atterrissage. De plus, une formation adéquate doit être dispensée aux collaborateurs qui les utiliseront.

8. Les scénarios de livraison

Dans les prochains paragraphes, j'aborderai le thème de la livraison en expliquant comme elle se déroule dans le Canton de Genève. Ensuite, j'introduirai les 3 scénarios choisis et je calculerai les coûts de livraison dans les deux méthodes choisies, en appliquant les chiffres obtenus dans mes calculs précédents.

8.1 La livraison dans le Canton de Genève

La distribution de lettres et de colis dans le Canton de Genève est assurée par La Poste Suisse, par le biais de ses deux unités PostMail¹⁹ et PostLogistics²⁰. Tous les envois affranchis en Suisse sont acheminés vers les centres principaux de tri, qui sont placés de façon stratégique sur le territoire national. Le centre à travers lequel les envois transitent varie en fonction du type d'envoi et de la région de destination. Les lettres sont triées dans les trois centres de Eclépens, Härkingen et Zurich-Mülligen (Post 2018a) et les colis dans les trois centres de Daillens, Härkingen ou Frauenfeld (Post 2018b). Par la suite, tout envoi portant comme adresse l'une des municipalités du Canton de Genève est acheminé depuis les centres de tri vers la base de distribution de Montbrillant. Cette dernière est en charge de distribuer les envois aux destinataires du Canton de Genève. Les envois sont distribués de façon différente selon la zone de destination et peuvent être distribués par une tournée mixte (lettres et colis) ou par une simple tournée distincte (lettres ou colis). La façon dont les envois sont livrés aux destinataires varie en fonction des différents critères : « il est judicieux d'organiser des tournées mixtes dans les régions moins peuplées qui reçoivent peu de colis ou dans les régions rurales. Si des rues à sens unique ou des passages étroits rendent l'accès difficile aux véhicules PostLogistics, PostMail se charge de la distribution des colis avec des véhicules plus petits et plus faciles à manœuvrer, explique Thomas Kummer, employé spécialisé Distribution » (Iraoui 2014). En ce qui concerne le Canton de Genève, la livraison en ville et dans ses quartiers, à savoir Vernier, Meyrin, Petit-Lancy, Carouge, Plans-les-Ouates et Chêne-Bourg, est effectuée par PostLogistics à travers des tournées qui ne transportent que des colis, à cause de la forte densité de la population et par conséquent du nombre élevé de colis à distribuer. La base de distribution de Montbrillant peut compter sur 150 collaborateurs et environ 70 fourgons (PostLogistics 2017). En revanche, dans les zones restantes, les

¹⁹ PostMail est l'unité de la Poste Suisse chargée d'assurer le service universel postal. ([https://fr.wikipedia.org/wiki/La_Poste_\(Suisse\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/La_Poste_(Suisse)))

²⁰ PostLogistics est l'unité de la Poste Suisse chargé de l'envoi de colis et de la logistique des marchandises. ([https://fr.wikipedia.org/wiki/La_Poste_\(Suisse\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/La_Poste_(Suisse)))

tournées sont effectuées de façon mixte par PostMail. Si le destinataire ne se trouve pas au domicile, le colis est déposé dans le bureau de poste le plus proche de son domicile.

8.2 Scénario 1 : Livraison d'un colis dans un quartier de la ville de Genève

8.2.1 Description du scénario et des données utilisées

Le fermier de la Ferme du Lignon (Route Bois des Frères 51B, 1219 Le Lignon, Vernier) a besoin d'une pièce de rechange pour son tracteur qui ne démarre plus : il décide donc de passer une commande chez un détaillant en ligne. La livraison du colis, qui mesure 20 cm x 20 cm x 20 cm et pèse 400 g, est attribuée à la Poste Suisse. La commune de Vernier est l'une des zones desservies par la base de distribution de la Poste Suisse à Montbrillant (Rue des Gares 16, 1201 Genève). Tel est donc le point de départ de la livraison.

8.2.2 Calcul des coûts de la livraison par drone

La distance à vol d'oiseau est de 3,7 kilomètres. L'ensemble du plan de vol est à l'intérieur d'une zone restreinte aux drones parce que le point de départ et le point d'arrivée sont situés à moins de 5 kilomètres de distance de l'aéroport international de Genève. Une autorisation est donc nécessaire, à demander au service de la navigation aérienne Skyguide. Il faut ajouter au prix du drone le coût de l'opérateur, qui doit effectuer environ 15 minutes de préparation de l'engin et après le garder sous contrôle tout au long du vol.

Tableau 3 : Données de la livraison par drone du scénario 1

Distance à vol d'oiseau : 3,7 km	Distance totale du vol : $3,7 \text{ km} * 2 = 7,4 \text{ km}$
Vitesse moyenne : 36 km/h	Durée totale de vol : $7,4 \text{ km} / 36 \text{ km/h} = 12 \text{ min } 20 \text{ sec}$

Il faut tenir compte du décollage et de l'atterrissage (environ 15 sec pour atteindre l'altitude de vol ou le sol), il faut additionner 1 min à la durée totale de vol.

Tableau 4 : Résultats de la livraison par drone du scénario 1

Coût du drone :	$13 \text{ min } 20 \text{ sec} * 0,10 \text{ CHF/min} = 1,35 \text{ CHF}$
Coût de l'opérateur :	$(15 \text{ min} + 13 \text{ min } 20 \text{ sec}) * 12,70 \text{ CHF/h} = 6,00 \text{ CHF}$
Coûts totaux :	$1,35 \text{ CHF} + 6,00 \text{ CHF} = 7,35 \text{ CHF}$

8.2.3 Calcul des coûts de la livraison standard

La distance séparant les deux points, passant par le chemin le plus court, est de 4,1 km. La vitesse moyenne d'un déplacement avec un véhicule en centre-ville de Genève est de 17 km/h (Office cantonal de la statistique Genève 2005). Genève étant l'une des villes les plus encombrées d'Europe, le temps de trajet peut considérablement varier de quelques minutes à des dizaines de minutes selon l'heure à laquelle la livraison est effectuée (au cours ou en dehors des heures de pointe). Le temps de parcours et la distance doit être multipliée par deux afin d'obtenir le temps et la distance d'aller et de retour.

Tableau 5 : Données de la livraison standard du scénario 1

Longueur du trajet : 4,1 km	Distance totale du trajet : $4,1 \text{ km} * 2 = 8,2 \text{ km}$
Vitesse moyenne : 17 km/h	Durée totale du trajet : $8,2 \text{ km} / 17 \text{ km/h} = 28 \text{ min } 56 \text{ sec}$

Il faut également tenir compte du temps pour charger et décharger le fourgon, ainsi du temps consacré à garer le fourgon, sortir du fourgon, remettre le colis au destinataire ou le laisser dans la boîte aux lettres : on additionnera donc 2 min à la durée totale du trajet.

Tableau 6 : Résultats de la livraison standard du scénario 1

Coût du fourgon :	$8,2 \text{ km} * 0,30 \text{ CHF/km} = 2,45 \text{ CHF}$
Coût du conducteur :	$30 \text{ min } 56 \text{ sec} * 26,40 \text{ CHF/h} = 13,60 \text{ CHF}$
Coûts totaux :	$2,45 \text{ CHF} + 13,60 \text{ CHF} = 16,05 \text{ CHF}$

8.3 Variante du Scénario 1 : Livraison de plusieurs colis dans un quartier de la ville de Genève

Après avoir calculé les résultats du premier scénario, je me suis rendu compte qu'une tournée d'un seul colis dans un quartier très densément peuplé comme le Lignon est très peu probable. J'ai donc décidé de créer une variante du premier scénario avec une tournée de livraison qui compte une dizaine de colis afin de comparer les deux méthodes de livraison dans un cas plus proche de la réalité.

8.3.1 Description du scénario et des données utilisées

Les adresses choisies de façon aléatoire sont éparpillées sur tout le territoire du quartier de Lignon. Le point de départ et d'arrivée demeure la base de distribution de la Poste Suisse à Montbrillant (Rue des Gares 16, 1201 Genève). La tournée est composée des adresses suivantes :

Adresse 1 : Route du Bois-des-Frères 2B, 1219 Le Lignon, Suisse

Adresse 2 : Chemin du Crest-des-Isles 7, 1219 Aire-la-Ville, Suisse

Adresse 3 : Chemin de la Verseuse, 1219 Vernier, Suisse

Adresse 4 : Chemin des Lézards 24, 1219 Vernier, Suisse

Adresse 5 : Chemin de la Source-Saint-Jean 19, 1219 Vernier, Suisse

Adresse 6 : Chemin des Platières 34, 1219 Le Lignon, Suisse

Adresse 7 : Chemin Nicolas-Bogueret 12 Bis, 1219 Aire-la-Ville, Suisse

Adresse 8 : Avenue du Lignon 41, 1219 Le Lignon, Suisse

Adresse 9 : Route du Bois-des-Frères 51B, 1219 Le Lignon, Suisse

Adresse 10 : Chemin Barde 4, 1219 Le Lignon, Suisse

8.3.2 Calcul des coûts de la livraison par drone

Le drone peut transporter un seul colis à la fois. Ce dernier doit donc retourner au point de départ après chaque livraison pour en chercher un autre. Pour compléter la tournée, le drone suit un schéma à étoile. L'ensemble des adresses à atteindre sont à l'extérieur d'une zone restreinte et donc aucune autorisation est nécessaire. Le drone effectue dix vols en parcourant une distance totale de 38,7 kilomètres. Cette distance doit être doublée car le drone revient à la base de distribution après chaque remise.

Tableau 7 : Données de la livraison par drone de la variante du scénario 1

Distance à vol d'oiseau : 38,7 km	Distance totale du vol : $38,7 \text{ km} * 2 = 77,4 \text{ km}$
Vitesse moyenne : 36 km/h	Durée totale de vol : $77,4 \text{ km} / 36 \text{ km/h} = 2 \text{ h } 9 \text{ min}$

Il faut tenir compte de nombreux décollages et atterrissages que, dans ce cas, sont 20 (10 colis à distribuer, donc environ 10 décollages et 10 atterrissages, 15 sec pour atteindre l'altitude de vol ou le sol), il faut donc additionner 5 min à la durée totale de vol. En raison du fait que les vols sont effectués l'un après l'autre, il n'est pas nécessaire exécuter toutes les tâches pour vérifier le bon état du drone. J'estime que 2 minutes après chaque vol sont suffisants. Il faut donc additionner 18 minutes de plus à la durée totale de vol.

Tableau 8 : Résultats de la livraison par drone de la variante du scénario 1

Coût du drone :	$2 \text{ h } 9 \text{ min} * 0,10 \text{ CHF/min} = 12,90 \text{ CHF}$
Coût de l'opérateur :	$(5 \text{ min} + 18 \text{ min} + 2 \text{ h } 9 \text{ min}) * 12,70 \text{ CHF/h} = 32,15 \text{ CHF}$
Coûts totaux :	$12,90 \text{ CHF} + 32,15 \text{ CHF} = 45,05 \text{ CHF}$

8.3.3 Calcul des coûts de la livraison standard

Le fourgon parcourt 7,3 kilomètres pour livrer tous les dix adresses de la tournée imaginée. À cette somme, il faut additionner 4,1 kilomètres pour atteindre le point de départ de la tournée et 4,1 km pour revenir à la base de distribution de Montbrillant depuis le dernier adresse de la tournée. La longueur totale du trajet parcouru est donc 15,5 kilomètres.

Tableau 9 : Données de la livraison standard de la variante du scénario 1

Tournée : 7,3 km	Distance totale : $7,3 \text{ km} + 4,1 \text{ km} + 4,1 \text{ km} = 15,5 \text{ km}$
Vitesse moyenne : 24 km/h	Durée totale du trajet : $15,5 \text{ km} / 24 \text{ km/h} = 38 \text{ min } 45 \text{ sec}$

Il faut également tenir compte du temps que le conducteur consacre pour garer le fourgon, chercher le colis à l'arrière du fourgon, remettre le colis dans la boîte aux lettres et chercher à nouveau le fourgon. Pour exécuter toutes ces étapes, j'estime que, le

conducteur emploie 1 min pour chaque adresse atteint. Il faut donc additionner 10 min à la durée totale de la tournée.

Tableau 10 : Résultats de la livraison standard de la variante du scénario 1

Coût du fourgon :	$15,5 \text{ km} * 0,30 \text{ CHF/km} = 4,65 \text{ CHF}$
Coût du conducteur :	$10 \text{ min} + 24 \text{ min} * 26,40 \text{ CHF/h} = 14,95 \text{ CHF}$
Coûts totaux :	$4,65 \text{ CHF} + 14,95 \text{ CHF} = 19,60 \text{ CHF}$

8.4 Scénario 2 : Livraison d'un colis dans une commune de la campagne du Canton de Genève

8.4.1 Description du scénario et des données utilisées

Un homme qui habite dans une maison située à Presinge, une commune de la campagne de la ville de Genève (Chemin des Jonchets 19, 1243 Presinge) a décidé d'acheter en ligne une coque pour mieux protéger son téléphone de nouvelle génération, qu'il vient d'acheter. La livraison du colis, qui mesure 20 cm x 10 cm x 5 cm et pèse 100 g, est attribuée à la Poste Suisse. La maison est desservie par le bureau de Poste de Puplinge (Rue de Frémis 24, 1241 Puplinge). Dans ce cas, les colis sont acheminés de la base de distribution de Montbrillant jusqu'au bureau de Poste de Puplinge par voie routière pour être ensuite distribués aux adresses de la zone, selon les deux méthodes de livraison.

8.4.2 Calcul des coûts de la livraison par drone

Le colis est chargé dans un drone au bureau de Poste de Puplinge. L'ensemble du plan de vol est à l'extérieur d'une zone restreinte et donc aucune autorisation est nécessaire.

Tableau 11 : Données de la livraison par drone du scénario 2

Distance à vol d'oiseau : 3,3 km	Distance totale du vol : $3,3 \text{ km} * 2 = 6,6 \text{ km}$
Vitesse moyenne : 36,6 km/h	Durée totale de vol : $6,6 \text{ km} / 36 \text{ km/h} = 11 \text{ min}$

Il faut tenir compte du décollage et de l'atterrissage (environ 15 sec pour atteindre l'altitude de vol ou le sol), il faut additionner 1 min à la durée totale de vol.

Tableau 12 : Résultats de la livraison par drone du scénario 2

Coût du drone :	$12 \text{ min} * 0,10 \text{ CHF/min} = 1,20 \text{ CHF}$
Coût de l'opérateur :	$(15 \text{ min} + 12 \text{ min}) * 12,70 \text{ CHF/h} = 5,70 \text{ CHF}$
Coûts totaux :	$1,20 \text{ CHF} + 5,70 \text{ CHF} = 6,90 \text{ CHF}$

8.4.3 Calcul des coûts de la livraison standard

La distance séparant les deux points (le bureau de Poste de Puplinge et la maison du Monsieur), en passant par le chemin le plus court, est de 4,4 kilomètres. La vitesse moyenne d'un déplacement en campagne est plus élevée, comparée à un déplacement en ville. Le temps de parcours est calculé selon les statistiques du Canton de Genève.

Tableau 13 : Données de la livraison standard du scénario 2

Longueur du trajet : 4,4 km	Distance totale du trajet : $4,4 \text{ km} * 2 = 8,8 \text{ km}$
Vitesse moyenne : 24 km/h	Durée totale du trajet : $8,8 \text{ km} / 24 \text{ km/h} = 22 \text{ min}$

Il faut également tenir compte du temps pour charger et décharger le fourgon, ainsi du temps consacré à garer le fourgon, sortir du fourgon, remettre le colis au destinataire ou le laisser dans la boîte aux lettres : on additionnera donc 2 min à la durée totale du trajet.

Tableau 14 : Résultats de la livraison standard du scénario 2

Coût du fourgon :	$8,8 \text{ km} * 0,30 \text{ CHF/km} = 2,65 \text{ CHF}$
Coût du conducteur :	$24 \text{ min} * 26,40 \text{ CHF/h} = 10,55 \text{ CHF}$
Coûts totaux :	$2,65 \text{ CHF} + 10,55 \text{ CHF} = 13,20 \text{ CHF}$

8.5 Scénario 3 : Livraison d'un colis dans un village de montagne du Canton de Vaud

8.5.1 Description du scénario et des données utilisées

Le cuisinier du Restaurant L'Argentine, situé au Chemin des Cerniés 1 à Les Plans-sur-Bex, a oublié d'acheter un nouvel ouvre-bouteille cet après-midi lorsqu'il était en ville pour faire des courses. Il décide de passer toute de suite une commande en ligne afin de le recevoir dans les meilleurs délais. La livraison du colis, qui mesure 30 cm x 10 cm x 10 cm et pèse 500 g, est attribuée à la Poste Suisse.

Les Plans-sur-Bex est une localité de la commune de Bex dans le Canton de Vaud, située dans un vallon des Alpes à 1'095 mètres d'altitude et comptant environ 130 habitants. La localité est accessible par deux points : une route principale (Bex - Frenières - Les Plans) de 12 kilomètres et une route secondaire (Gryon – Les Plans) de 11 kilomètres. Pendant la saison hivernale, seulement la route principale est ouverte à la circulation. Aucun bureau de poste est disponible sur place, les plus proches sont les bureaux de Gryon (7,2 km par la route secondaire) et de Bex (8,8 km par la route principale). La Poste offre ses prestations à travers un service à domicile dans les localités où il n'y a pas de bureau ; la livraison dans la localité est effectuée par la poste de Bex.

8.5.2 Calcul des coûts de la livraison par drone

La distance à vol d'oiseau est de 5,8 kilomètres. Le point de départ est situé à moins de 5 kilomètres de distance de l'héliport civil de Collombey – Muraz et de l'aérodrome de Bex ; donc comme tel était le cas pour les deux autres scénarios, une autorisation de vol à demander à la société Skyguide est essentielle. Aucune autre autorisation n'est requise pour le reste du trajet de vol ni pour le point d'arrivée, comme les deux sont situés en dehors des zones restreintes.

Tableau 15 : Données de la livraison par drone du scénario 3

Distance à vol d'oiseau : 5,8 km	Distance totale du vol : $5,8 \text{ km} * 2 = 11,6 \text{ km}$
Vitesse moyenne : 36,6 km/h	Durée tot. de vol : $11,6 \text{ km} / 36 \text{ km/h} = 19 \text{ min } 20 \text{ sec}$

Il faut tenir compte du décollage et de l'atterrissage (environ 15 sec pour atteindre l'altitude de vol ou le sol), il faut additionner 1 min à la durée totale de vol.

Tableau 16 : Résultats de la livraison par drone du scénario 3

Coût du drone :	$20 \text{ min } 20 \text{ sec} * 0,10 \text{ CHF/min} = 2,05 \text{ CHF}$
Coût de l'opérateur :	$(15 \text{ min} + 20 \text{ min } 20 \text{ sec}) * 12,70 \text{ CHF/h} = 7,45 \text{ CHF}$
Coûts totaux :	$2,05 \text{ CHF} + 7,45 \text{ CHF} = 9,50 \text{ CHF}$

8.5.3 Calcul des coûts de la livraison standard

Le bureau de poste de Bex est situé 8,3 kilomètres de distance du Restaurant L'Argentine. Le temps de parcours est calculé en utilisant une vitesse moyenne de 30 km/h (Office cantonal de la statistique Genève 2005).

Tableau 17 : Données de la livraison standard du scénario 3

Longueur du trajet : 8,3 km	Distance totale du trajet : $8,3 \text{ km} * 2 = 16,6 \text{ km}$
Vitesse moyenne : 35 km/h	Durée totale du trajet : $16,6 \text{ km} / 30 \text{ km/h} = 33 \text{ min } 12 \text{ sec}$

Il faut également tenir compte du temps pour charger et décharger le fourgon, ainsi du temps consacré à garer le fourgon, sortir du fourgon, remettre le colis au destinataire ou le laisser dans la boîte aux lettres : on additionnera donc 2 min à la durée totale du trajet.

Tableau 18 : Résultats de la livraison standard du scénario 3

Coût du fourgon :	$16,6 \text{ km} * 0,30 \text{ CHF/km} = 5,00 \text{ CHF}$
Coût du conducteur :	$35 \text{ min } 12 \text{ sec} * 26,40 \text{ CHF/h} = 14,60 \text{ CHF}$
Coûts totaux :	$5,00 \text{ CHF} + 14,60 \text{ CHF} = 19,60 \text{ CHF}$

9. Analyse et comparaison des résultats obtenus

Après avoir calculé les coûts totaux pour les deux méthodes prises en considération et les avoir appliqués dans les 3 scénarios, j'ai pu constater que la livraison par drones est beaucoup moins chère dans tous les 3 scénarios. Elle coûte en moyenne la moitié de la livraison par voie routière. Le coût de la main d'œuvre représente entre le 60% et le 80% des coûts totaux et est donc le facteur qui influence davantage les coûts totaux de livraison. Si l'on se base uniquement sur le coût du véhicule, en omettant donc les frais liés au chauffeur du fourgon ou dans le deuxième cas, l'opérateur du drone, j'ai pu également constater que le drone coûte environ un tiers du fourgon. Il faut cependant constater que l'estimation des coûts liés à l'exploitation d'un drone est extrêmement difficile et que certains coûts ne sont pas compris car ils pourraient être encore inconnus. En ce qui concerne la variante du premier scénario, le drone est plus cher que la livraison standard.

Dans le cas de la livraison par drone, le coût horaire de l'opérateur est plus élevé par rapport au coût horaire du conducteur de fourgon, puisque les compétences nécessaires sont plus qualifiées mais, en raison du fait que le coût de l'opérateur est distribué sur 3 drones, l'incidence sur les coûts totaux est identique à celle du conducteur du fourgon. Si à l'avenir un opérateur pourra contrôler plus que 3 drones, une hypothèse tout à fait réalisable dans les prochains années grâce au progrès technologique, l'impact du coût du facteur humain sera encore inférieur. Le fait d'avoir effectué des calculs en me basant uniquement sur la mise en place d'un seul drone a fait augmenter les coûts totaux. Par exemple, dans le cas où l'entreprise mettra en place un réseau avec plusieurs drones, le coût du logiciel pourra être reparté sur plusieurs engins. En ce qui concerne le frais d'entretien et les pièces de rechange, à l'avenir ils seront de moins en moins chers ainsi que leur remplacement s'avérera, notamment grâce au progrès technologique, toujours moins fréquent. Il en va de même pour la série de contrôles visant à vérifier l'état du drone.

Dans les trois scénarios, le drone emploie entre 30% et 50% de temps en moins à atteindre la destination, puisqu'il peut voler en ligne droite, en comparaison avec le fourgon. Dans mes scénarios, j'ai utilisé une vitesse de vol relativement faible (36km/h). Grâce au progrès technologique, les drones voleront toujours plus vite : par exemple, le drone de Zipline utilisé en Rwanda peut atteindre une vitesse maximale de 128 km/h (Giles 2018). Une réduction nette du temps de livraison sera certainement envisageable à l'avenir. En revanche, en ce qui concerne la vitesse de déplacement des fourgons, à l'avenir ils seront de plus en plus lents en raison du fait qu'ils seront davantage confrontés à des conditions de trafic routier dégradées.

- **Scénario 1 :**

Dans le premier scénario, en plus du coût moins élevé, un autre facteur très important est la différence de temps de livraison entre les deux méthodes : le fourgon emploie plus du double du temps que le drone pour faire le même trajet. La vitesse de parcours est très faible comparée à celle du drone, par le fait qu'elle est très influencée par les mauvaises conditions de circulation. L'intensité du trafic a également des conséquences sur le respect des délais de livraison.

Dans tous les 3 scénarios principales, j'ai estimé les coûts de livraison pour la distribution d'un seul colis. En raison de la haute densité de population dans la destination du premier scénario, le taux de probabilité qu'il n'y ait qu'un seul colis à livrer est très bas.

Le premier scénario est également caractérisé par un plus grand nombre des risques par rapport aux autres scénarios : le drone survole la ville de Genève, la chute d'un drone en ville peut donc causer beaucoup plus de dégâts que la chute en plein air dans la campagne ou à la montagne ; l'espace d'atterrissage est très limité (plusieurs immeubles sont présents dans les alentours du point de destination). Le nombre de dangers auxquels le drone est exposé ou auxquels il peut exposer les objets ou les personnes autour de lui est aussi plus élevé (le point d'atterrissage ne se trouve pas en plein champ).

- **Variante du scénario 1 :**

Dans la variante du premier scénario, le drone résulte plus cher que la livraison standard car la tournée compte plusieurs colis. Le drone doit revenir à chercher un colis après chaque livraison, contrairement au fourgon qui continue à l'adresse suivant. Sur cette base, le drone parcourt environ 5 fois de plus la distance et environ 4 fois de plus le temps du fourgon. Le temps employé et la distance parcourue par le drone provoquent une hausse vertigineuse des coûts d'acheminement. Les coûts d'acheminement s'élèvent à environ 4,50 CHF par colis pour la livraison par drone et à environ 1,90 CHF par colis pour la livraison par fourgon. Finalement, dans ce scénario, le drone est environ 2 fois plus cher que la livraison standard. L'hypothèse soulevée dans le premier scénario est donc vraie : dans le cas que la tournée compte plusieurs colis le drone ne se révèle pas la solution optimale. Si le nombre de colis à livrer est élevé, l'emploi d'un fourgon est plus optimal, car il peut distribuer tous les colis en une seule fois sans devoir revenir chaque fois au point de départ. Dans ce scénario, en utilisant le fourgon, on peut profiter du fait qu'en augmentant le nombre de colis, les coûts de la course démontrent être égaux.

- **Scénario 2 :**

Dans le deuxième scénario, les méthodes de livraison sont utilisées de façon complémentaire en fonction du point de destination. Le colis est acheminé jusqu'au bureau de poste avec un fourgon et il est ensuite distribué au destinataire avec le drone ou par la méthode standard. Je crois que l'utilisation complémentaire des deux méthodes de livraison sera la solution adoptée par les entreprises à l'arrivée des drones. Selon les caractéristiques du lieu de destination, elles choisiront la méthode moins coûteuse. Dans ce scénario, le point de destination est une maison éloignée du village de Puplinge, l'utilisation du drone est donc plus intéressante par rapport au cas où la maison est située au milieu du village. En ce qui concerne les risques de l'utilisation de drone, ce scénario présente moins de risques que le premier scénario, la campagne est notamment caractérisée par plus d'espaces ouverts que la ville.

- **Scénario 3 :**

Dans le troisième scénario, le drone est la solution plus efficace, comme le point d'arrivée se situe dans une zone à faible densité de population et éloignée des agglomérations. La probabilité qu'il y ait plusieurs colis à livrer dans la même zone le même jour est très faible ; l'utilisation d'un fourgon pour livrer un seul colis n'est donc pas du tout optimisée, car elle résulte trop onéreuse et difficilement viable sur le plan économique. L'accès par voie aérienne est plus efficace dans les zones montagneuses que dans les zones de forte densité, car souvent certaines zones montagneuses, dans la majorité de cas en hiver, ne sont pas accessibles ou ne le sont que partiellement. Par exemple, pendant la saison froide, dans ce scénario la circulation n'est possible que par l'une des deux routes. Ce genre de situation peut donc provoquer des complications, comme des retards au processus de livraison. Le nombre de risques dans le troisième scénario est proche de zéro, pour la plupart du trajet de vol le drone survole des zones montagneuses pas peuplées et l'atterrissage est effectué en plein champs (il y a quelques ou pas d'obstacles) et donc la possibilité qu'un accident se produit est très faible. Dans ce scénario, la route qui conduit à la destination où le colis doit être remis est assez simple et donc la vitesse de déplacement du fourgon est assez élevée. Si l'accès résulte encore plus difficile, là où les routes sont très étroites ou avec beaucoup virages, je pense notamment à des zones peu accessibles dans autres cantons suisses, le profit que l'on pourra tirer des drones sera encore majeur. Ces zones sont plus exposées à des calamités naturelles pas prévisibles, telles qu'un glissement de terrain ou une inondation d'une rivière, qui peuvent bloquer tous les accès. La voie aérienne reste donc la seule voie d'accès.

10. Recommandations

Ce travail m'a permis, à la suite de l'analyse des résultats obtenus, de formuler les recommandations suivantes :

- *Les entreprises de livraison doivent innover sans cesse afin de proposer aux clients des solutions toujours optimales et efficaces* : les attentes de la clientèle sont toujours de plus en plus exigeantes ; pour ce motif, des solutions innovantes s'avèrent nécessaires aussi vis-à-vis de la croissance de la concurrence.
- *Les entreprises doivent diminuer la dépendance de la main d'œuvre afin de maîtriser les coûts d'acheminement des colis* : les nouvelles technologies, notamment les drones représentent la bonne voie à suivre. Le coût du personnel ne cesse de croître et de grever sur les budgets des entreprises. Les coûts d'acheminement des colis par drone sont moins impactés par le coût de la main d'œuvre. L'utilisation des nouvelles technologies aura un impact positif sur les comptes des entreprises.
- *Utilisation de façon complémentaire des deux méthodes afin d'optimiser l'acheminement* : la mise en place de la livraison par drones ne veut pas dire l'abolition de la livraison traditionnelle. Les entreprises doivent intégrer les nouvelles technologies dans ces situations où existe un important potentiel de réduction des coûts (zones montagneuses, ...). Les deux méthodes devront être aussi utilisées de façon complémentaire (utilisation des deux méthodes sur le même trajet) en tenant compte des caractéristiques du lieu de destination. La méthode moins coûteuse devrait être toujours favorisée.
- *Introduire la livraison instantanée pour les entreprises et les particuliers* : depuis quelques temps, la demande de livraison instantanée (délais de quelques heures) ou le jour même est une option choisie par une bonne partie des clients. Dans certaines villes d'Europe s'agit déjà d'une réalité mais en Suisse cette option n'est pas encore disponible²¹. La demande de ce service n'est pas encore assez élevée pour faire en sorte que cette solution soit rentable. Même la configuration du territoire rend ce service difficile à mettre en place car notre pays est composé principalement d'espaces verts, de montagnes et d'un petit nombre de grands

²¹ En Suisse, plusieurs entreprises privées, en coopérant entre elles offrent un service de livraison dans des délais très courts (entre 90 minutes et quelques heures) dans toute la Suisse (<https://swissconnect.ch/fr/>), mais aucun magasin en ligne offre la livraison le jour même ou dans des délais très courts comme des entreprises comme Amazon (<https://primenow.amazon.com/>), font déjà dans autres pays.

centres urbains peuplés. Compte tenu des caractéristiques démographiques et géographiques, j'estime difficile une mise en service sur l'ensemble du territoire. Cela pourrait être possible, au moins dans les villes principales et pour les communes environnantes, en recourant aux nouvelles technologies autonomes. Les drones apporteront un réel avantage surtout dans les situations où le temps joue le rôle plus important (voir transport d'échantillons entre les hôpitaux de Lugano).

- *Mise en place d'un réseau de drones plutôt que d'un seul drone* : Les entreprises qui décideront de mettre en place un service de livraison avec les drones devront en acheter plusieurs. L'achat d'un seul drone est peu rentable puisque l'investissement initial pour la mise en place d'un réseau, la formation du personnel et l'adaptation de l'infrastructure existante sont très onéreux. Egalement pour bien maîtriser cette technologie sont nécessaires des compétences élevés. Cette technologie s'avère donc accessible seulement à des grandes entreprises qui disposent de moyens financiers pour s'aventurer dans le domaine. Ce service pourra être ensuite vendu aux petites et moyennes entreprises.
- *Utilisation de l'informatique pour optimiser le nombre de vols* : aujourd'hui, plusieurs entreprises ne vérifient pas si le destinataire est à domicile avant de se rendre chez lui, de sorte que souvent elles se retrouvent à parcourir inutilement plusieurs kilomètres. Afin d'optimiser le nombre de vols et d'éviter donc des allers-retours inutiles, les entreprises devront mettre en place un système d'alerte du destinataire : avant le décollage le client est prévenu de l'arrivée imminente du drone, pour qu'il puisse attendre la livraison. Le fait d'alerter le destinataire pourra aussi réduire les risques au moment de l'atterrissage. Aujourd'hui, tout le monde dispose d'un téléphone portable, les entreprises utilisent déjà l'informatique pour transmettre des informations sur le suivi des envois aux destinataires. Les drones offrent aussi la possibilité d'estimer avec plus de précision à quelle heure un colis sera livré car sont moins influencés par des variables externes comme les embouteillages dans le cas de la livraison standard. Cette possibilité répond à l'une des attentes du consommateur : être livré à des horaires précis (éviter les tranches horaires).

11. Conclusion

Les véhicules de livraison autonomes, comme par exemple les drones, représentent une grande opportunité pour le domaine de la logistique ; les entreprises devront être aptes à les exploiter au mieux. Ils apportent une possible solution aux problèmes qui caractérisent actuellement l'acheminement des colis, pour donner suite à la croissance du marché des achats en ligne. Les drones seront capables d'optimiser la façon de livrer les colis en combinant la réduction des coûts (à travers la réduction du facteur humain) avec l'augmentation de la flexibilité de la livraison (atteindre les régions moins accessibles à chaque heure de la journée). Malheureusement leur utilisation n'est pas possible dès maintenant. Malgré les promesses de certaines entreprises, qui pensent d'adopter les drones déjà dans les prochaines années, je pense que nous sommes encore loin de la possibilité de nous faire livrer nos achats par ce type d'engins. Plus particulièrement, pendant la rédaction de mon travail, j'ai réalisé que ce marché n'est pas encore assez développé et par conséquent qu'il est encore caractérisé par trop d'inconnues et de lacunes, principalement sur le plan légal et technique. Ces contraintes font en sorte que nous ne sommes pas encore capables de maîtriser cette technologie comme il le faut. Suite à mon analyse, je vois plutôt une introduction des drones dans la logistique d'ici 5/10 ans. L'approche aux drones doit se faire de manière graduelle, dès que toutes les inconnues seront réglées. Personnellement, je pense que les premiers drones seront utilisés pour livrer de marchandises dans des régions éloignées et difficilement accessibles par voie routière, en suite seront adoptés aussi pour la livraison dans la campagne et en ville, même si je suis très douteux sur cette dernière, à cause des éléments que j'ai présentés tout au long du présent travail. En ce qui concerne la ville, les drones pourront être utilisés seulement s'ils seront combinés avec d'autres méthodes de livraison, à savoir des plateformes d'atterrissage dans des points stratégiques, où les destinataires pourront aller chercher leurs colis ; ou un robot électrique qui amène les colis par voie routière jusqu'au domicile (si tel sera le cas, cette technique devra être réglementée). Ce travail m'a permis d'aborder un sujet qui m'intéresse depuis longtemps et d'analyser une technologie qui va d'après moi révolutionner le domaine dans lequel j'aimerais travailler après avoir conclu mes études. Grâce à mon travail de recherche, tout comme grâce à l'interview, j'ai appris de nouvelles informations qui ont enrichi mes connaissances, et que j'ai intégrées dans mon travail. Il ne nous reste plus qu'à attendre des développements ultérieurs pour savoir quand on sera livré par les drones.

12. Bibliographie

Fichiers PDF :

PostLogistics SA, 1 avril 2013, Convention collective de travail PostLogistics SA, [en ligne]. [Consulté le 15 février 2018]. Disponible à l'adresse : <https://www.post.ch/-/media/post/jobs-und-karriere/dokumente/gavpl.pdf?la=fr>

Patrick Kessler, Thomas Hochreutener, 20 février 2018, MARCHÉ SUISSE DU COMMERCE EN LIGNE ET À DISTANCE 2017, [en ligne]. [Consulté le 10 mars 2018]. Disponible à l'adresse : <https://e-commerce.post.ch/ Resources/Persistent/08c19d929397a7b74e3dffe07b716bc516b49fdd/2017-03-01-etude-du-marche-du-commerce-en-ligne-2016-presse.pdf>

Patrick Kessler, Thomas Hochreutener, Jens Windel, 1 mars 2017, MARCHÉ SUISSE DU COMMERCE EN LIGNE ET À DISTANCE 2016, [en ligne]. [Consulté le 10 mars 2018]. Disponible à l'adresse : <https://e-commerce.post.ch/ Resources/Persistent/d27f4f03a839c11101c8556e4064d059fc055cde/Marche%CC%81%20suisse%20du%20commerce%20en%20ligne%202017.pdf>

Martin Joerss, Jürgen Schröder, Florian Neuhaus, Christoph Klink, Florian Mann, septembre 2016 Parcel delivery : The future of last mile [en ligne]. [Consulté le 18 mars 2018]. Disponible à l'adresse : https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/industries/travel%20transport%20and%20logistics/our%20insights/how%20customer%20demands%20are%20reshaping%20last%20mile%20delivery/parcel_delivery_the_future_of_last_mile.ashx

Alain Borri, bp2r – transport consulting, octobre 2014, Pourquoi nous ne serons jamais livrés par des drones ! [en ligne]. [Consulté le 3 février 2018]. Disponible à l'adresse : <http://www.supplychainmagazine.fr/TOUTE-INFO/Lecteurs/B2G-jamais-livres-par-des-drones.pdf>

Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC, Office fédéral de l'aviation civile OFAC, RPAS working group, 7 février 2016, Les drones en Suisse : Un nouveau défi [en ligne]. [Consulté le 25 janvier 2018]. Disponible à l'adresse : https://www.bazl.admin.ch/dam/bazl/fr/dokumente/Gut_zu_wissen/Drohnen_und_Flugmodelle/Bericht%20zivile%20Drohnen.pdf.download.pdf/Rapports%20drones%20civils.pdf

PostLogistics SA, aucune date, La base de distribution de PostLogistics à Montbrillant [en ligne]. [Consulté le 20 avril 2018]. Disponible à l'adresse : https://www.genie.ch/community/action/file/download?file_guid=1370

Matternet Inc., 2017, Au service de la santé : MATTERNET M2, [en ligne]. [Consulté le 20 10 mars 2018]. Disponible à l'adresse : <https://www.post.ch/companycars/-/media/post/ueber-uns/medienmitteilungen/2017/drohnen/spezifikationen-matternet-m2.pdf?la=en>

Office cantonal de la statistique (OCSTAT) Genève, Département de l'Économie, de l'Emploi et des affaires Extérieures, 21 mai 2005, Comportement des habitants de Genève en matière de mobilité, Résultats du micro recensement des transports de 2000 [en ligne]. [Consulté le 25 janvier 2018]. Disponible à l'adresse : <http://www.ge.ch/statistique/tel/publications/2005/analyses/communications/an-cs-2005-21.pdf>

European RPAS Steering Group, June 2013, Roadmap for the integration of civil Remotely-Piloted Aircraft Systems into the European Aviation System [en ligne]. [Consulté le 20 10 mai 2018] <http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/10484/attachments/1/translations/en/renditions/native>

Sites Web :

ABRAMS KAPLAN, Deborah, 2017. 9 trends in last-mile delivery. *Supply Chain Dive* [online]. 22 May 2017. [Viewed 17 April 2018]. Available from: <https://www.supplychaindive.com/news/last-mile-spotlight-trends-tech-gig-perfect/443091/>

AMAZON.COM, 2018. Amazon Prime Air. [online]. 2018. [Viewed 1 May 2018]. Available from: <https://www.amazon.com/Amazon-Prime-Air/b?ie=UTF8&node=8037720011>

ARO/ATS, 2018. Volano i commercianti online stranieri. *Ticinonline* [online]. 12 April 2018. [Viewed 7 May 2018]. Available from: <https://www.tio.ch/finanza/borse-e-mercati/1252820/volano-i-commercianti-online-stranieri->

ATS, 2018. Droni: presto obbligo di registrazione. [online]. 11 May 2018. [Viewed 14 May 2018]. Available from: <http://www.gdp.ch/svizzera/droni-presto-obbligo-di-registrazione-id202389.html>

BAILLAT, Lise, 2015. La Poste fait l'essai de drones américains pour livrer des colis. *24Heures* [online]. 7 July 2015. [Viewed 14 May 2018]. Available from: <https://www.24heures.ch/suisse/poste-tester-utilisation-drones-fins-commerciales/story/14438841>

BLACK, Thomas, 2017. Drone Delivery Hinges on Block-by-Block Weather Forecasts. *Bloomberg.com* [online]. 21 June 2017. [Viewed 25 April 2018]. Available from: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-06-21/the-future-of-drone-delivery-hinges-on-predicting-the-weather-block-by-block>

CARBÓ, Adrià Budry, 2016. Mode et vêtements touchés de plein fouet par le recul du commerce de détail. *Le Temps* [online]. 2 August 2016. [Viewed 14 May 2018]. Available from: <https://www.letemps.ch/economie/mode-vetements-touches-plein-fouet-recul-commerce-detail>

CAZIN, Philippe, 2018. DRONES. *Encyclopædia Universalis* [online]. 9 May 2018. [Viewed 9 May 2018]. Available from: <http://www.universalis.fr/encyclopedie/drones/>

CONFÉDÉRATION SUISSE, 2015. RS 922.32 Ordonnance du 21 janvier 1991 sur les réserves d'oiseaux d'eau et de migrateurs d'importance internationale et nationale (OROEM). [online]. 2015. [Viewed 20 April 2018]. Available from: <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/19910014/index.html>

DAILY SABAH, 2017. Drone collisions pose greater risk to planes than birds strikes: FAA study. *DailySabah* [online]. 29 November 2017. [Viewed 13 March 2018]. Available from: <https://www.dailysabah.com/technology/2017/11/29/drone-collisions-pose-greater-risk-to-planes-than-birds-strikes-faa-study>

DUSSAULT, Andrée-Marie, 2017. En pionnière, la Poste dévoile son drone livreur. *Le Temps* [online]. 31 March 2017. [Viewed 13 March 2018]. Available from: <https://www.letemps.ch/suisse/pionniere-poste-devoile-drone-livreur>

E-COMMERCE NEWS, 2016. 79% of European consumers abandon online purchases. *Ecommerce News* [online]. 24 February 2016. [Viewed 7 May 2018]. Available from: <https://ecommercenews.eu/79-european-consumers-abandon-online-purchases/>

FARINE, Mathilde, 2017. Du café livré par drone à Zurich. *Le Temps* [online]. 6 November 2017. [Viewed 15 March 2018]. Available from: <https://www.letemps.ch/economie/cafè-livre-drone-zurich>

FARIVAR, Cyrus, 2015. Here's how one startup plans to dominate drone-based delivery. *Ars Technica* [online]. 5 February 2015. [Viewed 14 May 2018]. Available from: <https://arstechnica.com/information-technology/2015/05/heres-how-one-startup-plans-to-dominate-drone-based-delivery-2/>

FLYTREX, 2017a. *Flytrex & AHA.is: Drone Delivery Project in Reykjavík, Iceland* [online]. 22 August 2017. [Viewed 28 May 2018]. Available from: <https://www.youtube.com/watch?v=lwmgAd2TTIY>

FLYTREX, 2017b. Flytrex | Drone delivery for eCommerce. *Flytrex* [online]. 2017. [Viewed 28 May 2018]. Available from: <http://flytrex.com/>

FLYTREX, 2018. Flytrex | How drone delivery works. *Flytrex* [online]. 2018. [Viewed 28 May 2018]. Available from: <http://flytrex.com/>

GILES, Martin, 2018. Zipline launches the world's fastest commercial delivery drone. *MIT Technology Review* [online]. 13 April 2018. [Viewed 20 May 2018]. Available from: <https://www.technologyreview.com/s/610735/zipline-launches-the-worlds-fastest-commercial-delivery-drone/>

HAUCHARD, Amaury, 2017. Au Malawi, des drones pour sauver la vie d'enfants atteints du sida. *Le Monde.fr* [online]. 10 March 2017. [Viewed 29 April 2018]. Available from: http://www.lemonde.fr/afrique/article/2017/03/10/au-malawi-des-drones-pour-sauver-la-vie-d-enfants-atteints-du-sida_5092318_3212.html

IRAQUI, Claudia, 2014. Postière avant tout. [online]. July 2014. [Viewed 11 March 2018]. Available from: <https://magazin.postfinance.ch/fr/les-gens/reportages/postiere-avant-tout-226418>

JOERSS, Martin, NEUHAUS, Florian and SCHRÖDER, Jürgen, 2016. How customer demands are reshaping last-mile delivery | McKinsey & Company. [online]. 1 October 2016. [Viewed 4 May 2018]. Available from: <https://www.mckinsey.com/industries/travel-transport-and-logistics/our-insights/how-customer-demands-are-reshaping-last-mile-delivery>

LANGSTON, Jennifer, 2017. Drone vs. truck deliveries: Which create less carbon pollution? *UW News* [online]. 30 May 2017. [Viewed 14 March 2018]. Available from:

<http://www.washington.edu/news/2017/05/30/drone-vs-truck-deliveries-which-create-less-carbon-pollution/>

LE MATIN, 2018. Le Conseil fédéral veut un registre des drones. *Le Matin* [online]. 5 November 2018. [Viewed 14 May 2018]. Available from: <https://www.lematin.ch/suisse/conseil-federal-veut-registre-drones/story/29306866>

LE MONDE, 2017. Nous avons l'impression que les drones sont plus bruyants que les voitures. *Le Monde.fr* [online]. 19 July 2017. [Viewed 20 April 2018]. Available from: http://www.lemonde.fr/pixels/article/2017/07/19/nous-avons-l-impression-que-les-drones-sont-plus-bruyants-que-les-voitures_5162523_4408996.html

LEE, Timothy B., 2017. Drone delivery startup is about to begin commercial operations. *Ars Technica* [online]. 20 September 2017. [Viewed 14 May 2018]. Available from: <https://arstechnica.com/tech-policy/2017/09/drone-delivery-startup-is-about-to-begin-commercial-operations/>

LÉGISLATION GENEVOISE, 1951. H 3 05.02 - Règlement concernant l'exécution de la loi fédérale sur l'aviation(7)(RaLA). [online]. 9 November 1951. [Viewed 2 April 2018]. Available from: http://www.lexfind.ch/dtah/126978/3/rsg_H3_05P02.html.1.html

LEPIDI, Pierre, 2017. Au Rwanda, des poches de sang livrées par drones. *Le Monde.fr* [online]. 31 July 2017. [Viewed 29 April 2018]. Available from: http://www.lemonde.fr/afrique/article/2017/07/31/au-rwanda-des-poches-de-sang-livrees-par-drones_5166888_3212.html

LILLUSTRE, 2017. Métier par métier, voici les salaires suisses moyens en 2017. *L'illustré* [online]. 10 June 2017. [Viewed 27 April 2018]. Available from: <http://www.illustre.ch/magazine/metier-par-metier-voici-les-salaires-suisses-moyens-en-2017>

MARENNE, Sophie, 2018. Le modèle législatif suisse s'impose. [online]. 16 May 2018. [Viewed 17 May 2018]. Available from: <http://www.agefi.com/nc/quotidien-agefi/suisse/detail/edition/online/article/drone-valley-les-regles-helvetes-concues-en-concertation-avec-les-acteurs-du-milieu-inspirent-lunion-europeenne-leur-atout-elles-sont-contournables-de-facon-tres-pragmatique-475295.html>

MERCEDES BENZ, 2017. Vans & Drones in Zurich. *mercedes-benz.com* [online]. 12 October 2017. [Viewed 28 March 2018]. Available from: <https://www.mercedes-benz.com/en/mercedes-benz/vehicules/transporter/vans-drones-in-zurich/>

MILMAN, Oliver, 2018. Express delivery: use drones not trucks to cut carbon emissions, experts say. *the Guardian* [online]. 13 February 2018. [Viewed 14 March 2018]. Available from: <http://www.theguardian.com/environment/2018/feb/13/drones-trucks-climate-change-carbon-emissions>

NETCOMM, 2018. 13 Buoni Motivi per Comprare Online – Consorzio Netcomm. *Netcomm* [online]. 2018. [Viewed 1 March 2018]. Available from: https://www.consorzionetcomm.it/spazio_consumatori/perche-acquistare-online/13-buoni-motivi-per-comprare-online.kl

OFFICE FÉDÉRAL DE L'AVIATION CIVILE, 2018a. Règles et informations sur les drones. [online]. 23 April 2018. [Viewed 12 May 2018]. Available from: <https://www.bazl.admin.ch/bazl/fr/home/bonasavoir/drones-et-modeles-reduits/regles-informations-drones.html>

OFFICE FÉDÉRAL DE L'AVIATION CIVILE, 2018b. Autorisations d'exploiter des drones. [online]. 2018. [Viewed 17 May 2018]. Available from: https://www.bazl.admin.ch/bazl/fr/home/bonasavoir/drones-et-modeles-reduits/autorisations-d_exploiter-des-drones-au-dessus-dun-rassemblement.html

PERLMAN, David, 2016. How many cardboard boxes does Amazon ship each day? | LinkedIn. [online]. 15 September 2016. [Viewed 28 March 2018]. Available from: <https://www.linkedin.com/pulse/how-many-cardboard-boxes-does-amazon-ship-each-day-david-perlman/>

POST, Die Schweizerische, 2018a. Les centres courrier de la Poste. *La Poste* [online]. 2018. [Viewed 12 March 2018]. Available from: <https://www.post.ch/fr/notre-profil/informations-interessantes-sur-la-poste/decouvrir-la-poste/centres-courrier>

POST, Die Schweizerische, 2018b. Les centres colis de la Poste. *La Poste* [online]. 2018. [Viewed 12 March 2018]. Available from: <https://www.post.ch/fr/notre-profil/informations-interessantes-sur-la-poste/decouvrir-la-poste/centres-colis>

PREVERAUD, Jean-François, 2015. Le drone a 100 ans. [online]. 3 March 2015. [Viewed 22 March 2018]. Available from: <https://www.industrie-techno.com/le-drone-a-100-ans.36883>

RAPTOPOULOS, Andreas, 2013. *No roads? There's a drone for that* [online]. 2013. [Viewed 21 March 2018]. Available from: https://www.ted.com/talks/andreas_raptopoulos_no_roads_there_s_a_drone_for_that

SAMARAS, Constantine and STOLAROFF, Joshuah, 2018. Automated deliveries. *MMD* [online]. 25 April 2018. [Viewed 14 May 2018]. Available from: <https://www.mmdonline.com/features/automated-deliveries/>

SHAH, Saqib, 2018. Lifeguard drone completes world-first ocean rescue. *Engadget* [online]. 18 January 2018. [Viewed 29 April 2018]. Available from: <https://www.engadget.com/2018/01/18/little-ripper-lifeguard-drone-rescue/>

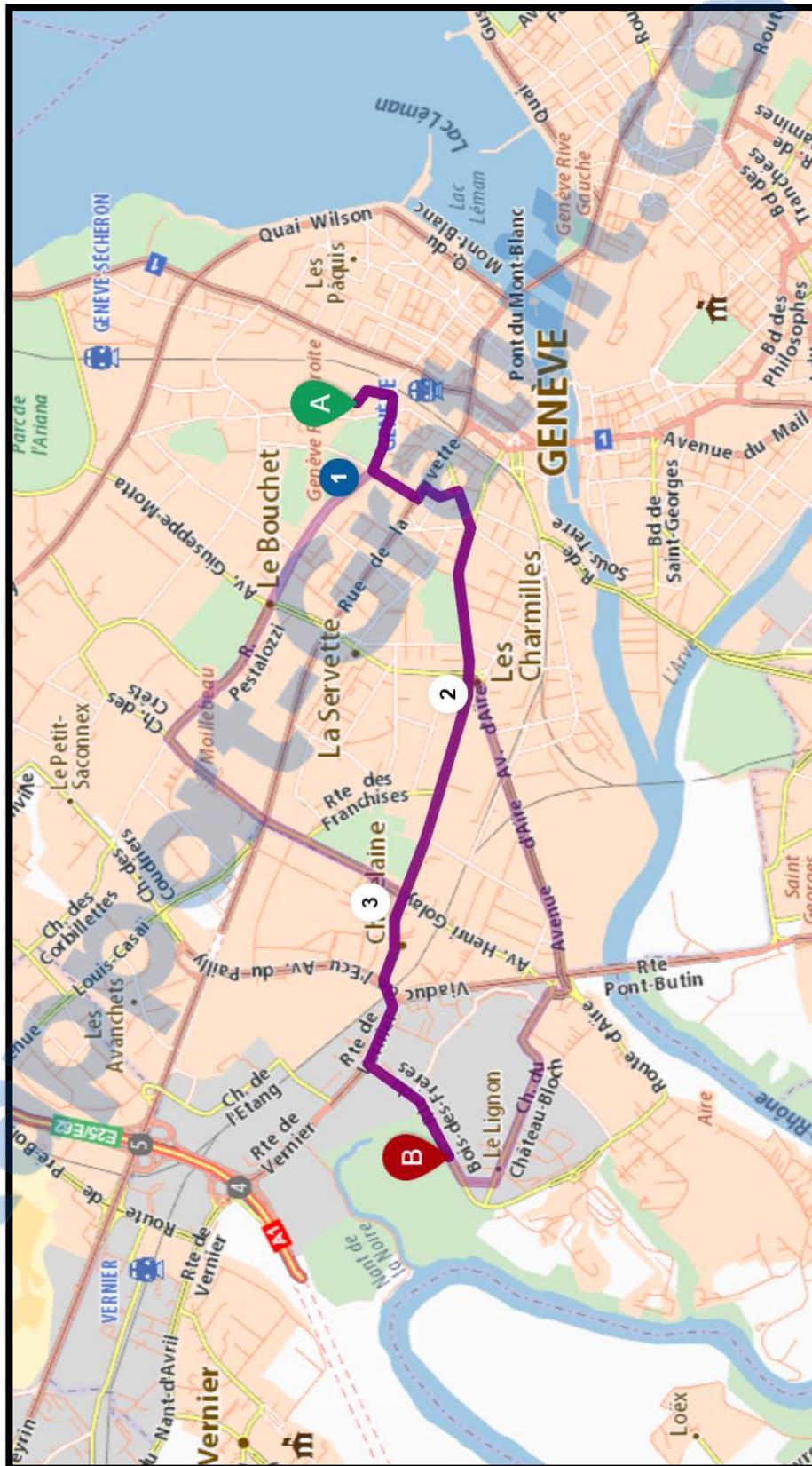
STEVANOVIC, Dino, 2017. Lugano, droni sulla città... Se i test sono i notturni. *laRegione* [online]. 25 March 2017. [Viewed 7 May 2018]. Available from: <https://www.laregione.ch/cantone/luganese/1213473/lugano--droni-sulla-citta--se-i-test-sono-i-notturni>

STOLAROFF, Joshuah K., SAMARAS, Constantine, O'NEILL, Emma R., LUBERS, Alia, MITCHELL, Alexandra S. and CEPERLEY, Daniel, 2018. Energy use and life cycle greenhouse gas emissions of drones for commercial package delivery. *Nature Communications*. 13 February 2018. Vol. 9, no. 1, p. 409. DOI 10.1038/s41467-017-02411-5.

WIKIPEDIA, 2018. Amazon (company). *Wikipedia* [online]. [Viewed 1 May 2018]. Available from: [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Amazon_\(company\)&oldid=838837458](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Amazon_(company)&oldid=838837458)

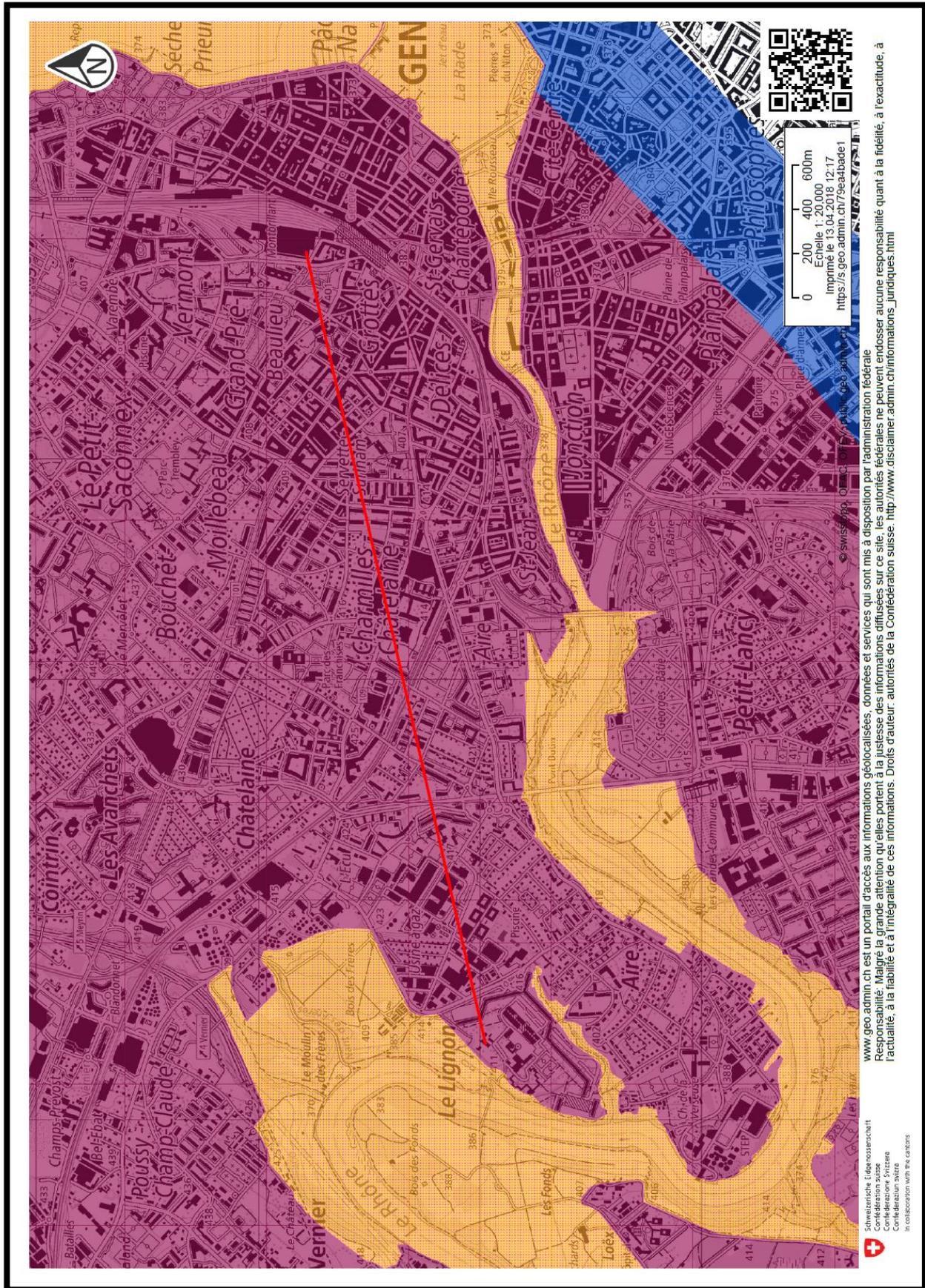
13. Annexes

Annexe 1 : Scénario 1 – Livraison par fourgon



<https://fr.viamichelin.ch/>

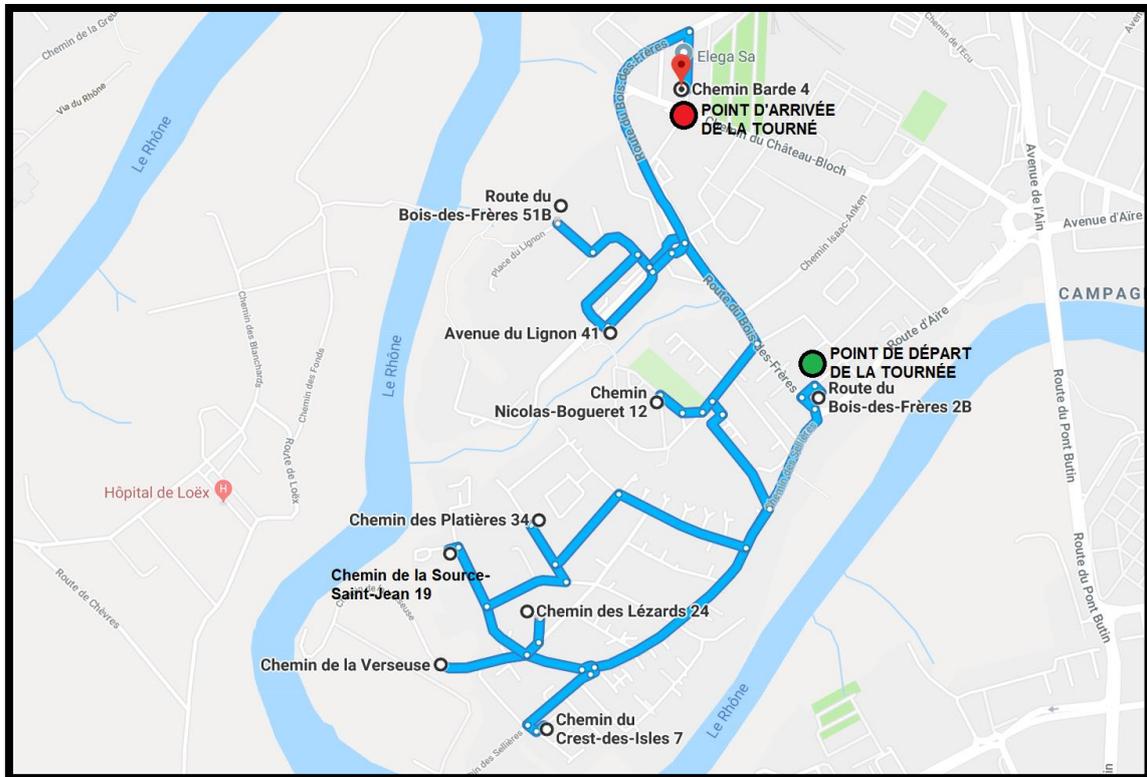
Annexe 2 : Scénario 1 – Livraison par drone



Les drones dans le domaine de la logistique : pourraient-ils amener des avantages et réduire les coûts d'acheminement de colis ?
 BARENCO Gianmaria

Annexe 3 : Variante du scénario 1 – Tournée de livraison selon les deux méthodes

- Schéma à boucle (livraison par fourgon)



- Schéma à étoile (livraison par drone)

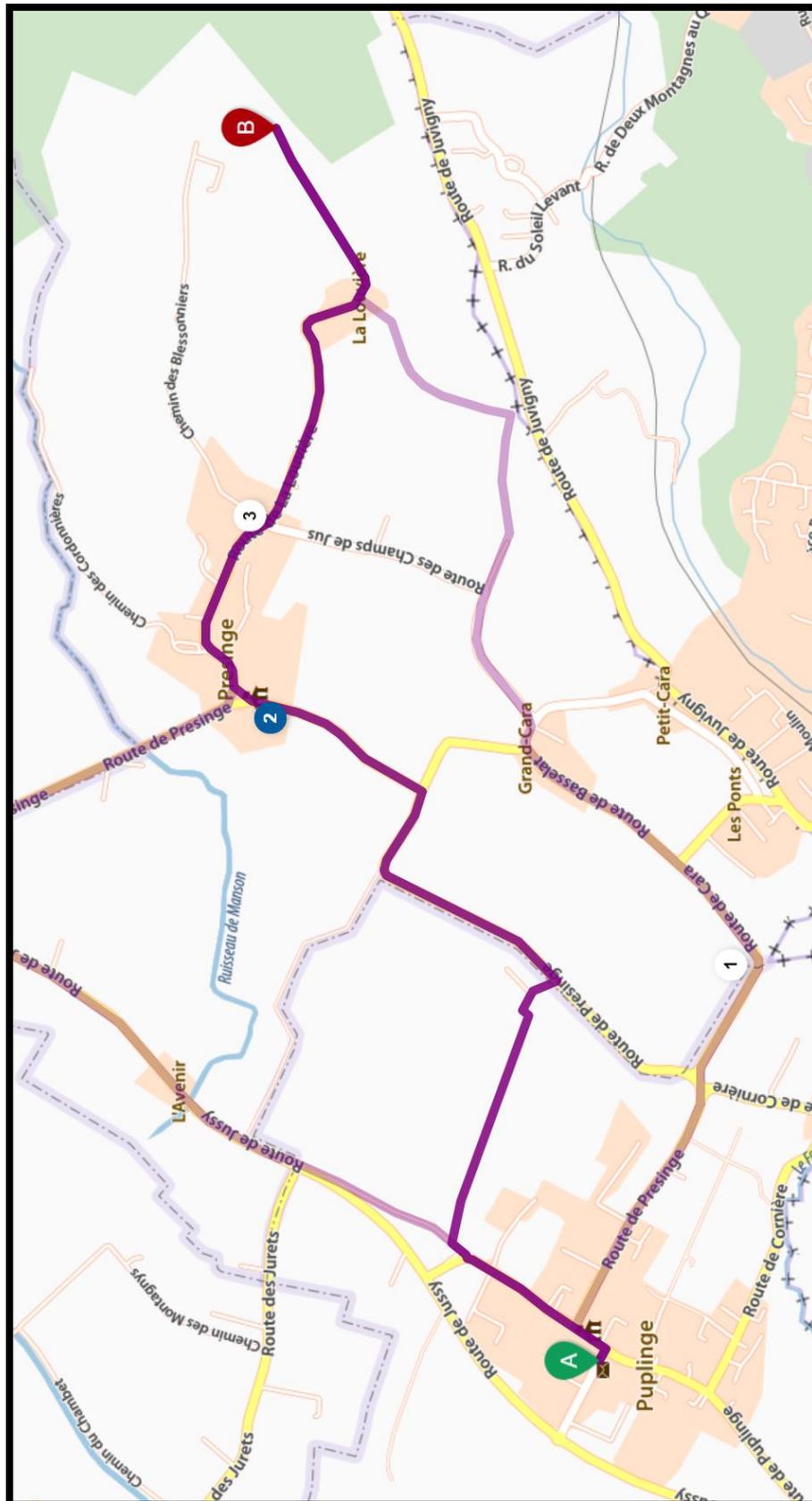
<https://www.google.com/>



Rapport-gratuit.com

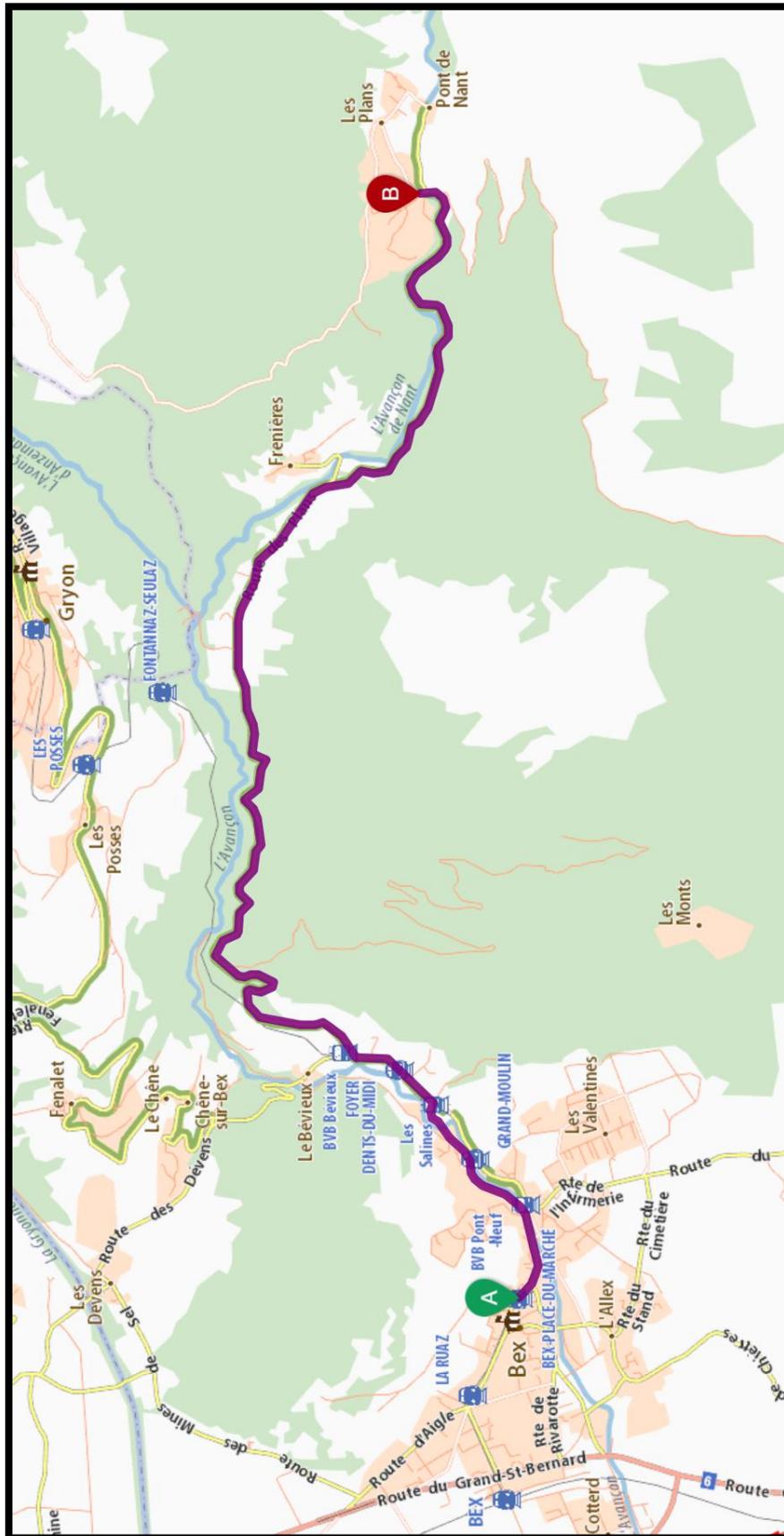
<https://map.geo.admin.ch/>

Annexe 4 : Scénario 2 – Livraison par fourgon



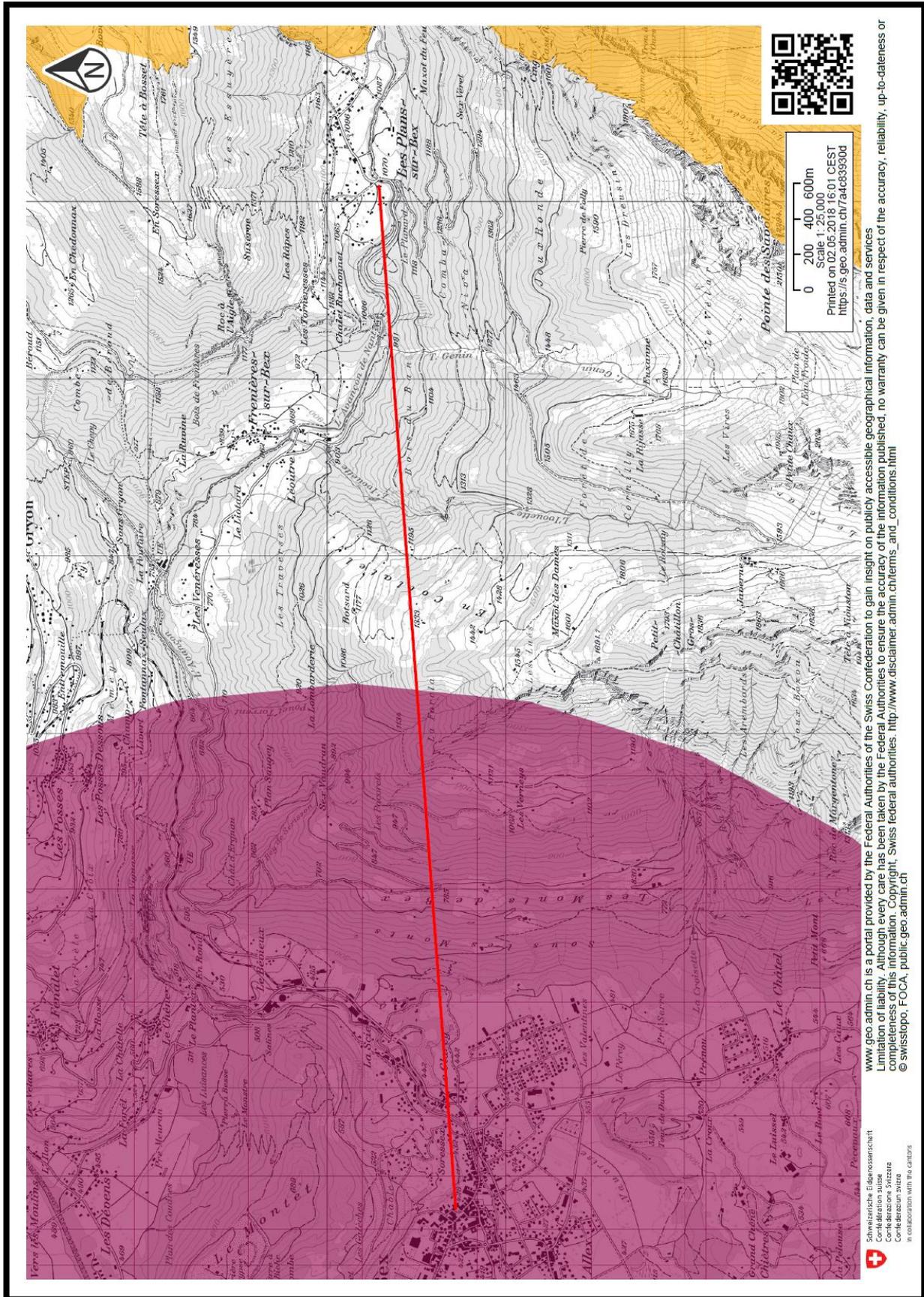
<https://fr.viamichelin.ch/>

Annexe 6 : Scénario 3 – Livraison par fourgon



<https://fr.viamichelin.ch/>

Annexe 7 : Scénario 3 – Livraison par drone



Les drones dans le domaine de la logistique : pourraient-ils amener des avantages et réduire les coûts d'acheminement de colis ?
 BARENCO Gianmaria

Annexe 8 : Données du drone utilisé dans mes calculs

In action for public health: MATTERNET M2



General

- Make: Matternet
- Model: M2 V7
- Swiss FOCA Certified: March 2017
- Aircraft type: Quadcopter
- Propulsion: Electric motors
- Power: Lithium-ion battery
- Communications: GSM Cellular

Vehicle

- Dimensions (without propellers): 80 x 80 x 26 cm
- Dimensions (with propellers): 128 x 128 x 26 cm
- Empty weight (with battery): 9.5 kg
- Max gross takeoff weight: 11.5 kg
- Max range (no wind, at sea level): 20 km with 1 kg
- Cruise speed: 10 m/s
- Cruise altitude: 120 m AGL

Payload Capacity

- Weight: 2 kg
- Volume: 4 L
- Dimensions: 19 x 11 x 13 cm

Weather Performance

- Max demonstrated airspeed: 12 m/s
- Temperature: -10 to +40 °C
- Flight into rain* and known icing conditions prohibited

Command and Control

- GSM connectivity to Matternet Cloud for automated operations
- Commanded through Matternet iPhone app

Safety Features

- Automatically-deployed parachute
- Multi-factor 3D geofence

<https://www.post.ch/companycars/-/media/post/ueber-uns/medienmitteilungen/2017/drohnen/spezifikationen-matternet->

Annexe 9 : Données utilisées pour les calculs du prix de revient kilométrique d'un fourgon

Récapitulatif de votre configuration
Type de caisse



Master Fourgon
Fourgon
FG Traction L2H2 3,5t dCi 130 E6

CHF 37'400.00
Soit CHF 384.05/mois
> En savoir plus

COULEURS ET SELLERIES
Blanc Minéral
Tissu Carbone foncé Kaleido
Harmonie noir

EQUIPEMENTS DE SÉRIE
Lunette arrière non chauffante
Porte latérale coulissante droite tôlée
Portes arrière tôlées, 180°

Caractéristiques

Caractéristiques	Motorisation	Équipements
Dimensions L2H2	Carburant: Diesel - Puissance maxi kW (ch): 096 (130)	
Volume utile	Type de boîte de vitesses: Boîte de vitesses manuelle	
Longueur hors tout: 5'548	Type de transmission: Traction	
Hauteur hors tout: 2'499	Couple maxi Nm CEE (m.kg): 340	
Volume de chargement en m3: 10.31	Cylindrée (cm3): 2'298	
Type de transmission		
Traction		

<https://www.renault.ch/fr/gamme-renault/vehicules-utilitaires/master/nouveau-master/#decouverte>



Pneumatici per tutte le stagioni per furgoni
Imperial
225/65 R16C 112R/110R
EcoVan 4S

★★★★★
Valutazioni dei clienti (1)

Disponibile subito!

71,00 Fr.

4 x [Nel carrello](#)

<https://www.pneuexperte.ch/fr/>

M **BEST SELLER**

Le choix malin
CHF 1 676.40

Responsabilité civile
Degré de prime: 0 / 30%

- Franchise: 500
- Protection du bonus: Oui

Casco partielle

- Franchise: 300
- Indemnisation: Valeur vénale majorée

Casco collision
Degré de prime: 0 / 30%

- Franchise: 1'000
- Protection du bonus: Oui

Couvertures complémentaires

- Effets personnels emportés: 2'000
- Module de sécurité Sans Souci: Oui

Accident occupants

- Option: Base

<https://www.baloise.ch/fr/clients-privés/vehicules-voyages/assurance-auto.html>

3 ANS GARANTIE 100 000 km	Version				
	L1H1	L2H2	L3H2	L3H3	L2H2
Contrat d'extension de garantie 4 ans ou 100 000 km (Renault Assistance inclus)	648.-/700.-	648.-/700.-	648.-/700.-	648.-/700.-	648.-/700.-
Contrat d'extension de garantie 5 ans ou 100 000 km (Renault Assistance inclus)	1 019.-/1 100.-	1 019.-/1 100.-	1 019.-/1 100.-	1 019.-/1 100.-	1 019.-/1 100.-
Contrat d'entretien PLUS, 3 ans ou 100 000 km, incl. pièces d'usure et liquides - traction	2 369.-/2 558.-	2 369.-/2 558.-	2 369.-/2 558.-	2 369.-/2 558.-	2 369.-/2 558.-

<https://www.renault.ch/fr/gamme-renault/vehicules-utilitaires/master/nouveau-master/#decouverte>

Consommation

Réservoir: 105 L

Consommation urbaine: 8.9 L / 100 km

Consommation mixte: 7.8 L / 100 km

Consommation extra-urbaine: 7.1 L / 100 km

CO2: 204 g/km



Destination	95	98	Diesel
— Suisse	1.68	1.74	1.75

Dernière mise à jour des prix: 15.05.2018

Barème d'impôt pour camions, voitures livraison
Selon l'art. 416 de la Loi sur les contributions publiques (LCP)

Taxé d'après le poids total	Prix en CHF
jusqu'à 600 kg	182.50
601 à 1500 kg	223.00
1501 à 2000 kg	263.50
2001 à 2500 kg	304.00
2501 à 3000 kg	324.50
3001 à 3500 kg	344.50
3501 à 4000 kg	640.00

<https://www.tcs.ch/fr/camping-voyages/informations-touristiques/bon-a-savoir/peages-frais/prix-essence-europe.php>

<http://ge.ch/vehicules/baremes-dimpots>

Le prix de revient kilométrique de un fourgon Renault Master		
<i>Type de coût</i>	<i>Coût annuel</i>	<i>Définition</i>
Amortissement	3,740.00 CHF	Prix d'achat: 37,400 CHF amorti sur 10 ans
Impôt sur les véhicules	345.00 CHF	Selon barème d'impôt pour camions, voitures de livraison du Canton de Genève
Assurances	1,676.00 CHF	Selon le logiciel en ligne pour calculer la prime de Bâloise Assurances
Carburant	6,552.00 CHF	Consommation: 8L / 100 km, 46'800 km = 3744L , prix moyen du Diesel : 1,75 CHF / L
Pneus	426.00 CHF	4 pneus neufs tous les 30'000 km (donc 1,5 pneu par an), prix de chaque pneu : 71 CHF
Entretien	1,072.00 CHF	Contrat d'entretien PLUS incl. pièces d'usure et liquides et extension de la garantie avec assistance inclus
Frais accessoires	340.00 CHF	Nettoyage du véhicule, vignette, ...
Coût total par an	14,151.00 CHF	Somme des tous les coûts fixes et variables
Coût au kilomètre	0.30 CHF	46'800 kilomètres parcourus par an, 150 km par jour, 6 jours par semaine

Annexe 10 : Données utilisées pour les calculs du prix de revient à la minute du drone



Tattu 22000mAh 22.2V 25C 6S1P Lipo Battery Pack

Availability: **Out of stock**

€429.00

Incl. 19% Tax, excl. Shipping Cost

Tattu 22000mAh 6S 25C 22.2V Lipo Battery is a high capacity, high discharge, high performance for your UAV, drone, multicopter, RC, professional Multicopters such as DJI S1000, KOPFERWORX Hammer X8 and E1200 multicopters etc.

429 EUR = 515 CHF (Taux 1,2 CHF/EUR) <http://www.gensace.de/tattu-22000mah-22-2v-25c-6s1p-lipo-battery-pack.html>

Home / Products / Motors / U Efficiency Type / U8II KV100



U8II KV100

\$309.99 Comment: 0

Available points: 3000 | Points reward: 309

- Flight time 5% longer
- Max. Thrust 7.3kg
- Motor protection IP55
- Motor service life-- 1500 flights (40mins/flight)

Parameter:

310 USD = 310 CHF (Taux 1 CHF/USD) <http://store-en.tmotor.com/goods.php?id=476>

Pricing

The most affordable solution for a costly problem

FLYTREX SKY \$25 /MO	FLYTREX FOX \$280 /MO	FLYTREX MULE \$600 /MO
--------------------------------	---------------------------------	----------------------------------

This pricing is the monthly cost for using our Control Center per drone. [Click here](#) to learn more about our Control Center and included services, and, [visit our Drones page](#) to learn more about the different drone models and their different capabilities.

Control Center

The Flytrex Control Center is an advanced, yet easy to use, online dashboard that brings all the tools you need to manage your fleet of delivery drones - whether your fleet includes a single drone running deliveries within an exclusive resort, or, tens of drones delivering consumer goods across an entire city.

Advanced Routes Management - Define flight routes with unlimited smart way-points. Routes can takeoff and land from a single center or multiple centers.	Reports - The most detailed reports for each mission, including full telemetry data, flight play-back, server logs and flight controller reporting.
Smart Way-Points - Use actionable way-points to define different actions across routes. Land with or without recipient approval, wire release from mid air, fly through points to fly between trees and other man made obstacles and more.	Automatic Preflight - The system automatically performs a full system preflight check before approving each takeoff, verifying hardware readiness, flight route availability, weather conditions and more.

<http://www.flytrex.com/pricing/>

Le prix de revient à la minute d'un drone livreur		
<i>Type de coût</i>	<i>Coût annuel</i>	<i>Définition</i>
Achat	1,667.00 CHF	5'000 USD amorti sur 3 ans
Remplacement batterie	6,695.00 CHF	Environ 4992 vols par an, 13 batteries par an, la batterie doit être remplacée environ tous les mois (400 cycles)
Remplacement moteurs	3,100.00 CHF	Environ 2496 heures de vol par an, 2,5 moteurs par an, 4 moteurs par drone, les moteurs doivent être remplacés environ tous les 5 mois (1000 heures)
Assurance RC entreprise	340.00 CHF	Prime moyenne pour une entreprise en Suisse (La prime peut varier selon le type d'activité)
Électricité	487.00 CHF	488W par vol, 2'436kW par an, prix moyen de l'électricité en Suisse, 0,20 CHF/kWh
Logiciel	3,360.00 CHF	Taxes sur les nuisances sonores, inscription mensuelle à un logiciel pour la gestion de l'espace aérien, ...
Coût total par an	15,649.00 CHF	Somme des tous les coûts fixes et variables
Coût à la minute	0.10 CHF	Environ 16 vols par jour, 6 jours par semaine (149'760 minutes de vol par an)

Annexe 11 : Autorisation

	Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral de l'aviation civile OFAC
Demande d'autorisation en vue d'exploiter un aéronef sans occupants de moins de 30 kg au-dessus d'un rassemblement de personnes ou lorsque le contact visuel direct avec l'aéronef n'est pas assuré (art. 18, al. 1, let. b de l'ordonnance du DETEC sur les aéronefs de catégories spéciales [OACS, RS 748.941])		
Requérant, exploitant		
Nom, société : [REDACTED]	Prénom : [REDACTED]	
Adresse : [REDACTED]	Localité : [REDACTED]	
Tél. [REDACTED]	Courriel : [REDACTED]	
N° de portable : [REDACTED]	Fax : [REDACTED]	
Indications relatives à l'opération		
Endroit exact :	[REDACTED]	
Date :	[REDACTED]	
Motif du rassemblement de personnes :	[REDACTED]	
But de l'opération :	[REDACTED]	
Durée et nombre des vols prévus :	[REDACTED]	
Information aux personnes au sol durant l'opération :	[REDACTED]	

https://www.bazl.admin.ch/dam/bazl/fr/formulare/antragsformular_drohnenbetriebruav.docx/download.docx/demande_d_autorisationuav.docx

Rapport-gratuit.com 

Annexe 12 : Interview

M. Andrea Marrazzo, Head of Autonomous Delivery (La Poste Suisse)

Mercredi 7 mars 2018, 13h00 – 13h30, Wankdorffallee 4, 3014 Berne

L'interview a été réalisée en langue italienne.

Secondo lei quali sono i motivi principali che hanno spinto le aziende ad interessarsi ai droni per la logistica?

Il motivo principale è l'automatizzazione del pilota. Le aziende hanno cominciato ad interessarsi ai droni ad uso commerciale quando la tecnologia ha permesso ai droni di volare autonomamente senza la necessità di un pilota al suolo.

Secondo lei, grazie all'introduzione dei droni, le aziende risponderanno meglio alle esigenze dei clienti?

Per il momento non è possibile. C'è un problema generale. In Svizzera, per poter lavorare con i droni serve un certificato dell'UFAC. Per ottenere questo certificato bisogna presentare un Risk Assessment, operazione lunga e complessa. Il progetto deve essere presentato in ogni dettaglio.

Questo è quanto abbiamo fatto a Lugano e che stiamo continuando a fare. Una volta ottenuto il certificato abbiamo la possibilità di effettuare il trasporto Business to Business, da un punto fisso ad un altro punto fisso. Per il momento il volo Business to Consumers, ovvero quello che servirebbe per delle consegne, non è ancora possibile. La domanda è quanto si vuole investire per rendere possibile questo utilizzo.

Parliamo un po' del progetto tra i due ospedali di Lugano? Come è nato questo progetto? Quali sono gli obiettivi (economico o di efficienza/ottimizzazione)? Perché avete scelto Lugano?

Prima dell'arrivo del nostro progetto, i trasporti erano assicurati dai taxi. Il problema principale del taxi era il tempo di percorrenza e la disponibilità del veicolo. Il drone risolve questo problema poiché è già disponibile in ospedale e può essere impiegato immediatamente. La durata del trasporto è molto inferiore con il drone, il volo dura 4 minuti mentre il viaggio con il taxi tra i 15 e i 35 minuti a dipendenza delle condizioni del traffico stradale. Eliminando il lungo processo che comporta l'utilizzo del taxi, i costi sono automaticamente ridotti. L'obiettivo dell'utilizzo del drone è la riduzione del tempo di trasporto e non la riduzione dei costi di trasporto.

Abbiamo scelto Lugano per vari motivi. Abbiamo cominciato a testare i droni 3 anni fa nel Canton Friburgo per scopi interni. Dopodiché abbiamo deciso di offrire i nostri servizi a dei clienti. Il direttore dell'ospedale di Lugano è stato il primo cliente a contattarci e abbiamo quindi deciso di concentrarci su questo progetto, Attualmente è l'unico trasporto commerciale in Svizzera autorizzato dall'UFAC. Da novembre 2017 vengono effettuati tra i 3 e i 12 voli al giorno.

Quali sono i costi iniziali (o d'investimento)? Quali sono i costi di gestione (o operativi)? Questo progetto è redditizio? Quale metodo di calcolo dei costi è stato utilizzato?

I costi di gestione sono elevati. L'evoluzione dei droni è talmente rapida che non ha senso acquistare dei droni adesso. Quando abbiamo iniziato a collaborare con gli ospedali di Lugano, ci siamo chiesti perché si fossero rivolti a noi e non avessero loro stessi acquistato un drone. La risposta è semplice. Il problema non è l'acquisto del drone ma i costi di gestione e le competenze necessarie ad utilizzarlo correttamente. Il cliente, nel nostro caso gli ospedali di Lugano, non ha le capacità per poter mettere in piedi da solo un tale progetto. Dal punto di vista monetario, non saprei dirle un prezzo preciso ma siamo tra i 25'000 e i 50'000 franchi per il solo acquisto del drone.

Secondo lei la consegna di merci con i droni è accessibile solamente ai grandi gruppi (Posta, DHL, UPS o Amazon) o anche alle piccole e medie imprese (Una farmacia o un negozio di montagna che vuole effettuare delle consegne in zone rurali)?

La tecnologia attualmente è molto costosa per una piccola media impresa. Per ottenere una certificazione dall'UFAC servono dai 6 ai 12 mesi e la documentazione da presentare è molta. Di conseguenza i costi sono molto elevati e solo un grande gruppo è in grado di assumersi una spesa così elevata. Nel futuro questi costi saranno ridotti drasticamente ma per il momento rimangono elevati.

Invece, per un'azienda come la Posta, il drone può essere interessante poiché prima di tutto potremmo disporre di una flotta così da ridurre i costi unitari e quindi anche impiegarli in svariati ambiti. L'utilizzo dei droni diventa interessante quando il numero di quest'ultimi cresce, un operatore può essere in grado di controllare fino a 10 droni.

Visto che più dell'80% della popolazione svizzera vive nei centri urbani, quindi in luoghi dove lo spazio per operare con i droni è limitato, pensa che sarà possibile anche in questi luoghi impiegare i droni o l'utilizzo di quest'ultimi sarà limitato alle zone rurali?

Vedo difficile l'utilizzo dei droni in centro città, credo che l'utilizzo delle stazioni di atterraggio sia la soluzione più plausibile. I droni atterreranno in campagna e poi per la consegna in città si potranno utilizzare altri tipi di veicoli, per esempio il robot di consegna autonomo che stiamo già sviluppando e utilizzando.

Bisogna anche considerare i limiti dei droni, il drone può trasportare un solo pacco di dimensioni ridotte e di peso contenuto. Se confrontiamo questi dati ad un furgone, che può trasportare 200 o 300 pacchi, le capacità del drone sono molto contenute. Il drone è utile in quelle situazioni dove il tempo è il fattore più importante. Il suo impiego è veramente mirato ai trasporti speciali e non ai pacchi tradizionali.

Secondo lei come potranno i droni effettuare le attività complementari come la consegna contro firma del destinatario o la verifica dell'identità attraverso un documento di legittimazione che attualmente sono di compito dei fattorini? Crede che il drone sarà un mezzo complementare o potrà sostituire il lavoro dei fattorini?

Attualmente impossibile, bisognerà vedere tra 5 anni con lo sviluppo e l'avanzamento tecnologico.

Secondo lei tra quanto tempo i droni saranno impiegati dalle aziende? Come siamo messi in materia di leggi per quanto riguarda i droni ad uso commerciale? Pensa che nei prossimi anni ci sarà una evoluzione delle leggi? In quale direzione? Le leggi dovranno adattarsi continuamente all'evoluzione di questa tecnologia?

Io credo che ci vogliono almeno 5 anni. Attualmente non esistono regole specifiche per questo tipo di consegne. L'UFAC non ha ancora deciso quali regole applicare. Se guardiamo a livello europeo, l'EASA ha appena iniziato a definire delle regole che poi dovranno essere applicate da tutti i paesi in Europa. Le aziende hanno dimostrato che la tecnologia funziona, adesso bisogna aspettare il semaforo verde dagli uffici competenti anche se credo che questa risposta non arriverà prima del 2019. Le aziende fanno pressione affinché si possa capire in quali direzioni le leggi andranno perché adesso sono ancora una grande incognita.

Amazon vorrebbe utilizzare i droni già nei prossimi anni per consegnare milioni di pacchetti in tutti gli angoli degli Stati Uniti. Secondo lei una realtà o un'utopia?

Amazon ha fatto pochissimo in questo campo, sono stati effettuati solo alcuni voli di prova. Quello che sta facendo Amazon è solamente del marketing. I video sono molto belli dal punto di vista delle idee ma dal punto di vista tecnico non c'è nessun progresso. Io credo che si tratti solamente di un modo per mettere pressione agli enti di vigilanza.

Ultima domanda. Quali sono secondo lei le principali incertezze sul futuro dell'uso dei droni nel mondo della logistica?

La prima incognita è capire come si muoveranno gli enti di sorveglianza, non solo in Svizzera o in Europa ma anche nel resto del mondo. Se non definiscono le regole del gioco alla fine ci ritroveremo con una tecnologia funzionante ma che non potremo utilizzare.

La seconda incognita è che la tecnologia sta ancora evolvendo e attualmente ci sono tantissimi produttori di droni, tra qualche anno una parte di questi spariranno e quindi rimarranno solo pochi grandi attori. Oggigiorno è difficile scegliere con quale di questi attori lavorare perché non siamo in grado di sapere se tra qualche anno saranno ancora disponibili.

La terza incognita riguarda il costo della tecnologia, attualmente rimane troppo caro. I prezzi dovranno diminuire molto allo scopo di rendere questo mercato più interessante e quindi più attraente. Con i prezzi più bassi anche le aziende più piccole potranno farne uso e i grandi gruppi come la Posta potranno offrire dei servizi di posta aerea complementari alla posta tradizionale ed avere un ritorno economico. Affinché sia possibile, il numero di droni in dotazione deve aumentare considerevolmente.