ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX DES ACTIVITÉS AÉRIENNES PAR DRONES

Equipe technique de DAHER – C. Bachellerie / P. Duhamel / P. Campanaro / P. Vallée – Nov 2022

Introduction

Dans une société en plein questionnement sur les enjeux climatiques, la place du transport aérien fait l'objet de débat et un consensus se dessine sur la nécessité de réduire son impact sur l'environnement, et en particulier sa contribution au dérèglement climatique.

Les émissions de gaz à effet de serre (principalement de dioxyde de carbone ou CO2) liées à l'activité humaine, auxquelles l'aviation a contribué de l'ordre de 3% sur les 20 dernières années, participent en effet au dérèglement climatique en modifiant de façon durable le forçage radiatif effectif de la planète. Ces émissions doivent radicalement changer de tendance et décroitre de l'ordre de 7% par an pour espérer contenir l'échauffement de l'atmosphère à +1,5 °C par rapport aux niveaux préindustriels.

Dans le même temps, toutes les études de marché prévoient une forte croissance de l'industrie du drone dont le chiffre d'affaires pourrait croitre de deux ordres de grandeur à l'horizon 2030. Cette croissance est soutenue par l'émergence de technologies nouvelles qui permettront de réaliser des vols de grande élongation, faciliteront l'insertion des drones dans l'espace aérien, et autoriseront le survol en sécurité de zones peuplées.

Pour tenter d'appréhender cette contradiction apparente entre la croissance de l'activité des drones et la nécessaire maitrise de l'impact des activités aériennes sur l'environnement, ce document a été rédigé par l'équipe technique de DAHER, à la demande de l'Association des Drones de l'Industrie Française (ADIF) dont l'engagement dans la transition écologique figure au cœur de ses valeurs.

Préambule

Comme pour toutes les opérations aériennes, il est nécessaire de questionner l'usage des drones au regard des enjeux environnementaux. Si certains usages sont indiscutablement utiles pour la protection de l'environnement (comme la sécurisation de sites industriels ou encore l'aide à la réduction des pesticides en agriculture), ou constituent un progrès indéniable pour la protection des personnes (comme la livraison de matériel médical ou de vivres en cas d'indisponibilité des voies de transport terrestres), ce n'est pas le cas de certains autres usages, comme par exemple la livraison par drones de produits de consommation qui serait promue au motif qu'elle serait plus rapide que d'autres moyens de transports terrestres moins énergivores.

Dans la suite du document, il sera pris comme hypothèse que les opérations aériennes étudiées sont justifiées vis-à-vis des enjeux climatiques.

L'analyse est ciblée sur les émissions de gaz à effet de serre, même si d'autres nuisances qui impactent l'environnement et les êtres vivants pourraient être analysées dans la même logique (comme par exemple les nuisances sonores ou les collisions avec les oiseaux).

Novembre 2022

Association du Drone de l'Industrie Française

Elle porte sur les activités des drones qui opèrent en basse et moyenne altitude pour des missions de surveillance et de transport logistique. Elle exclue les potentielles activités de drones de transport de passager, celles des drones armés, ainsi que celle des drones de surveillance qui opèrent en haute altitude et qui seraient éventuellement concernés par les phénomènes de trainée de condensation.

Approche théorique et études de cas

Les moyens de transport aériens légers étudiés contribuent essentiellement à l'effet de serre de l'atmosphère terrestre par la quantité de CO2 émise pendant leur construction, leur exploitation et leur démantèlement.

La quantité de CO2 émise pendant l'exploitation d'un aéronef est directement liée à la quantité d'énergie carbonée consommée pour réaliser la mission, tandis que la quantité de CO2 émise pendant sa construction et son démantèlement est directement liée à sa masse à vide et à la nature des matériaux qui le composent.

De façon théorique, les drones dimensionnés au juste besoin peuvent réaliser des missions aériennes à moindre consommation d'énergie par rapport aux moyens aériens pilotés de capacité de mission équivalente également dimensionnés au juste besoin.

En effet, l'absence de pilotes et de certains équipements de confort permet de réduire la masse maximale au décollage et par conséquence la puissance maximale du système propulsif, ce qui de réduit la demande en énergie pour la mission.

De même, du fait de sa masse à vide plus faible, le besoin en énergie pour construire / opérer / démanteler, et donc le bilan carbone d'un drone sera théoriquement inférieur à celui d'un aéronef piloté de capacité de mission équivalente.

Ainsi en théorie, plus l'énergie nécessaire à la mission est faible et plus l'écart sur le bilan carbone est important en faveur du drone. La différence tend logiquement à s'amenuiser lorsque la masse augmente.

Pour illustrer cette approche théorique un peu triviale, les études de cas ci-dessous permettent de comparer les émissions de CO2 entre d'une part, un drone optimisé pour la mission, et d'autre part, un aéronef piloté existant sur le marché et dont les capacités de mission se rapprochent au maximum du juste besoin.

Pour les missions de transport, la charge utile désigne la différence entre la masse au décollage et la masse à vide, tandis que la charge payante désigne la charge utile moins la masse des pilotes et celle du carburant au décollage.

1- *Mission de surveillance en vol d'avancement*

Pour cette mission de surveillance d'une durée de 3h à 1000 ft pour laquelle le vol stationnaire ou à très basse vitesse n'est pas requis, deux aéronefs à voilure fixe sont comparés :

- un drone dimensionné pour transporter 3 kg de charge payante (de type Delair DT26)
- un des plus petits avions légers biplaces disponibles sur le marché (de type Aeroprakt A22).

	
Delair DT26	Aeroprakt A22

La vitesse de croisière recommandée pour la mission est comprise entre 30 et 40 kts.

Dans ce cas-là, l'énergie requise pour transporter la charge payante est suffisamment faible pour que le drone puisse être équipé d'une motorisation électrique, tandis que l'avion doit se contenter pour l'instant d'une motorisation thermique, en attendant l'arrivée d'autres technologies potentiellement plus favorables pour ce qui concerne les émissions de CO2.

Type	Motorisation / Carburant	Puissance maxi	Masse à vide	CO2 pour la mission[1]	Bilan carbone GES Production & Fin de Vie[2]	Bilan carbone mission + production & fin de vie[3]
Drone voilure fixe	Electrique / Batterie	2 kW	16 kg	0,8 kg	388 kg	3 kg
ULM voilure fixe	Pistons / AVGAS	73,5 kW	331 kg	82 kg	8937 kg	84 kg

1 *Emissions en équivalent kg de CO2, calculées sur 3h à la vitesse optimale d'économie de carburant (59kt pour l'ULM, 31kt pour le Drone) et avec les références suivantes :*
- *1 kg d'AVGAS brûlé = 3,77 kg eq-CO2 (émissions directes et indirectes, calculées dans le périmètre européen)*
- *1 kWh d'électricité = 0,23 kg eq-CO2 (mix européen actuel)*

2 *Hypothèse de 27 kg eq-CO2 / kg d'avion produit pour un avion thermique (EcoInvent V2.2).*
Prise en compte en parallèle des émissions liées à la production de batteries avec les références suivantes :
- *Densité énergétique : 280 Wh/kg*
- *100kg eq-CO2 par kWh de batterie produit (ordre de grandeur moyen entre les études référencées par l'ICCT)*
  28 kg eq-CO2 / kg de batterie (en supposant que la durée de vie du produit est inférieure à celle des batteries, soit <4000h)

Les émissions liées au traitement des déchets sont négligeables devant celles liées à la production (0,015 kg eq-CO2 / kg d'avion, EcoInvent V2.2 5 kg eq-CO2 pour l'ULM), le surplus d'émissions du au recyclage des batteries n'est pas pris en compte.

3 *Bilan carbone de la production & de la fin de vie intégré dans celui de la mission en prenant la durée de vie de l'appareil.*
Durée de vie de 500 heures pour le drone à voilure fixe et de 10 000 heures pour l'ULM à voilure fixe.

Les émissions de CO2 de l'ULM pendant la mission sont 103 fois plus élevées que celles du drone, tandis que celles liées à la construction et au démantèlement sont 20 fois plus élevées.

Novembre 2022

Association du Drone de l'Industrie Française

La part non récurrente des émissions dans le calcul des émissions totales de la mission est de 73% pour le drone et 3% pour l'ULM. Les émissions totales de l'ULM sont 28 fois plus élevées que celles du drone.

Dans cet exemple, la différence de type de motorisation entre l'avion à moteur thermique et le drone à moteur électrique, due à la grande différence de masse à vide, a un impact très important sur le bilan carbone. Un effet de seuil apparaît dans la relation entre l'énergie nécessaire pour la mission et le niveau d'émission de CO2.

Le ratio des bilans carbone de la mission est atténué lorsque l'on intègre le bilan lié à la construction et au démantèlement, même si la conclusion reste la même.

Nota : La contrainte du bruit perçu au sol impose une distance d'observation minimale de la part de l'aéronef de surveillance. Dans ce cas-là, le drone plus léger sera aussi plus silencieux. Il pourra ainsi se rapprocher du sol et donc réduire la masse de sa charge payante, puisque le capteur pourra être plus léger avec une précision d'enregistrement comparable. Cet effet favorable sur la masse n'est toutefois pas du même ordre de grandeur que celui induit par l'absence de pilote.

2- *Mission de surveillance et de petite logistique avec vol stationnaire - Charge payante 20 kg*

Pour cette mission de surveillance d'une durée de 3h pour laquelle le vol stationnaire ou à très basse vitesse est requis, deux aéronefs à voilure tournante sont comparés :

- Un drone juste dimensionné pour transporter les 20 kg de charge payante sur la durée demandée (de type INDELA.I.N.SKY)
- Un des plus petits hélicoptères biplaces disponibles sur le marché (de type Cabri G2)

	
INDELA.I.N.SKY	Cabri G2

Les deux hélicoptères sont équipés d'une motorisation thermique à piston.

La vitesse de croisière recommandée pour la mission est comprise entre 20 et 30 kts à une altitude de 1000 ft. L'énergie nécessaire au seul transport de la charge payante est d'environ 0,7 MJ/kg[1*].

[1*] *Énergie nécessaire ≈ énergie perdue théoriquement pour un vol en plané.*
Avec une finesse d'environ 2 (hélicoptère) sur un trajet de 3h à 25kt ~140km :
*Energie nécessaire ≈ 20 kg * 9,81 m/s² * 70 km ≈ 14 MJ* 0,7 MJ/kg

Type	Motorisation / Carburant	Puissance maxi	Masse à vide	CO2 pour la mission[1]	Energie consommée par kg de charge payante pour la mission	Bilan carbone GES Production & Fin de Vie[2]	Bilan carbone mission + production & fin de vie[3]
Drone voilure tournante	Pistons / AVGAS	26 kW	115 kg	73 kg	45 MJ/kg	3,1 t	82 kg
Hélicoptère très léger	Pistons / AVGAS	110 kW	400 kg	316 kg	196 MJ/kg	10,8 t	327 kg

1. *OPÉRATIONS*
   Émissions en équivalent kg de CO2, calculées sur 3h à la vitesse optimale d'économie de carburant (38kt pour le drone, 95kt pour l'hélicoptère) et avec la référence de 3,77 kg eq-CO2 (émissions directes et indirectes, calculées dans le périmètre européen) émis par kg d'AVGAS brûlé
2. *PRODUCTION & FIN DE VIE DE L'APPAREIL*
   Hypothèse de 27 kg eq-CO2 / kg d'avion produit pour un avion thermique (EcoInvent V2.2). Les émissions liées au traitement des déchets sont négligeables devant celles liées à la production (0,015 kg eq-CO2 / kg d'avion, EcoInvent V2.2)
3. *Bilan carbone de la production & de la fin de vie intégré dans celui de la mission en prenant la durée de vie de l'appareil. Durée de vie de 1 000 heures pour le drone à voilure tournante et de 3 000 heures pour l'hélicoptère léger.*

Les émissions de CO2 de l'hélicoptère piloté pendant la mission sont 4,3 fois plus élevées que celles du drone, tandis que celles liées à la construction et au démantèlement sont 3,5 fois plus élevées.

La part non récurrente des émissions dans le calcul des émissions totales de la mission est de 11% pour le drone et 3% pour l'hélicoptère. Les émissions totales de l'hélicoptère piloté sont 4 fois plus élevées que celles du drone.

Dans cet exemple, on observe l'impact très significatif sur le bilan carbone de la pénalité de masse à vide de l'hélicoptère piloté par rapport au drone. Le ratio des bilans carbone de la mission diminue légèrement lorsque l'on intègre le bilan lié à la construction et au démantèlement.

3- Mission mixte surveillance et transport - Charge payante 150 kg et 1 m3

Pour cette mission mixte de transport sur 300 km d'un colis de 1 m3 de faible densité, deux aéronefs à voilure tournante capables d'atterrir et de décoller sans infrastructure particulière sont comparés :

- Un drone juste dimensionné pour transporter la charge payante sur la durée demandée (de type Cabri G2 dont le cockpit aurait été transformé en soute avec une verrière élargie, et dont les commandes de vol auraient été déplacées sur la cloison arrière).

- Un des plus petits hélicoptères 4 places disponibles sur le marché (de type Robinson R44) dont la place copilote et les places arrière auraient été aménagées en soute pour pouvoir y loger la charge payante

	
Cabri G2	Robinson R44

Les deux hélicoptères sont équipés d'une motorisation thermique à piston.

La vitesse de croisière recommandée pour la mission est de 65 kts à une altitude de 3000 ft. La vitesse pour le calcul correspond à la vitesse de consommation minimale

L'énergie nécessaire au seul transport de la charge payante est d'environ 0,27 MJ/kg[2*].

Type	Motorisation / Carburant	Puissance maxi	Masse à vide	CO2 pour la mission[1]	Energie consommée par kg de charge payante pour la mission	Bilan carbone GES Production & Fin de Vie[2]	Bilan carbone mission + production & fin de vie[3]
Drone voilure tournante	Pistons / AVGAS	110 kW	400 kg	201 kg	10 MJ/kg	10,8 t	207 kg
Hélicoptère léger	Pistons / AVGAS	160 kW	660 kg	253 kg	27 MJ/kg	18 t	262 kg

1. *OPÉRATIONS*
   Émissions en équivalent kg de CO2, calculées sur 300km à la vitesse optimale d'économie de carburant (95kt pour le drone-hélicoptère, 105kt pour l'hélicoptère léger) et avec les références suivantes :
   - *1 kg d'AVGAS brûlé = 3,77 kg eq-CO2 (émissions directes et indirectes, calculées dans le périmètre européen)*
   - *1 kg de Jet A = 3,83 kg eq-CO2 (émissions directes et indirectes, calculées dans le périmètre européen)*
2. *PRODUCTION & FIN DE VIE DE L'APPAREIL*
   Hypothèse de 27 kg eq-CO2 / kg d'avion produit pour un avion thermique (EcoInvent V2.2). Les émissions liées au traitement des déchets sont négligeables devant celles liées à la production (0,015 kg eq-CO2 / kg d'avion, EcoInvent V2.2)
3. *Bilan carbone de la production & de la fin de vie intégré dans celui de la mission en prenant la durée de vie de l'appareil. Durée de vie de 3 00 heures pour le drone à voilure tournante et de 3 000 heures pour l'hélicoptère léger.*

[2*] *Energie nécessaire ≈ énergie perdue théoriquement pour un vol en plané.*
Avec une finesse d'environ 10 (avion de tourisme) sur un trajet de 300km :
*Energie nécessaire ≈ 150 kg * 9,81 m/s² * 30 km ≈ 40 MJ* 0,27 MJ/kg

Novembre 2022

Association du Drone de l'Industrie Française

Les émissions de CO2 de l'hélicoptère piloté pendant la mission sont 1,3 fois plus élevées que celles du drone, tandis que celles liées à la construction et au démantèlement sont 1,7 fois plus élevées.

La part non récurrente des émissions dans le calcul des émissions totales de la mission est de 3% pour le drone et 4% pour l'hélicoptère léger. Les émissions totales de l'hélicoptère piloté sont 1,3 fois plus élevées que celles du drone.

Dans cet exemple, on observe l'impact significatif sur le bilan carbone de la pénalité de masse à vide de l'hélicoptère piloté par rapport au drone, mais qui est d'ampleur moindre par rapport à l'exemple précédent du fait du moindre écart sur la masse à vide.

La prise en compte des bilans carbone de production et de démantèlement n'a pas d'effet sur le ratio des bilans carbone totaux.

4- Mission de transport de charge payante 400 kg et 1 m3

Pour cette mission de transport sur 300 km d'un colis de 1 m3 de forte densité, trois aéronefs sont comparés, tous capables d'atterrir et de décoller sans infrastructure particulière :

- Un drone à voilure souple juste dimensionné pour transporter la charge payante sur la distance demandée (de type Flying-Robot FR102)
- Un des plus petits hélicoptères 4 places disponibles sur le marché et capables de réaliser la mission (de type Bell 505) dont la place copilote et les places arrière auraient été aménagées en soute pour pouvoir y loger la charge payante
- Un des plus petits avions cargo disponibles sur le marché et capables de réaliser la mission sans aucune transformation (de type Cessna T206H Turbo Stationair version « Utility »)

		
Flying-Robots FR102	Bell 505	Cessna T206H Turbo Stationair

Le drone à voile souple et l'avion sont équipés d'un moteur à piston, tandis que l'hélicoptère est équipé d'une mono-turbine, ce concept offrant le meilleur rapport poids / puissance / fiabilité dans cette gamme de puissance.

Pour le drone la vitesse de croisière recommandée pour la mission est de 65 kts à une altitude de 3000 ft.

La vitesse pour le calcul correspond à la vitesse de consommation minimale.

L'énergie nécessaire au seul transport de la charge payante est d'environ 0,3 MJ/kg[3*].

Type	Motorisation / Carburant	Puissance maxi	Masse à vide	CO2 pour la mission[1]	Energie consommée par kg de charge payante pour la mission	Bilan carbone GES -Production & Fin de Vie[2]	Bilan carbone mission + production & fin de vie[3]
Drone voilure souple	Pistons / AVGAS	100 kW	325 kg	129 kg	4 MJ/kg	10,8 t	132 kg
Hélicoptère léger	Mono turbine / Jet A	377 kW	989 kg	615 kg	13 MJ/kg	26,7 t	628 kg
Avion léger	Pistons / AVGAS	310 kW	1031 kg	189 kg	5 MJ/kg	27,9 t	192 kg

1. *OPÉRATIONS*
   Emissions en équivalent kg de CO2, calculées sur 300km à la vitesse optimale d'économie de carburant pour les vecteurs existants (112kt pour l'hélicoptère léger ; 164kt pour l'avion-cargo) et avec les références suivantes :
   - *1 kg d'AVGAS brûlé = 3,77 kg eq-CO2 (émissions directes et indirectes, calculées dans le périmètre européen)*
   - *1 kg de Jet A = 3,83 kg eq-CO2 (émissions directes et indirectes, calculées dans le périmètre européen)*

2. *PRODUCTION & FIN DE VIE DE L'APPAREIL*
   Hypothèse de 27 kg eq-CO2 / kg d'avion produit pour un avion thermique (EcoInvent V2.2). Les émissions liées au traitement des déchets sont négligeables devant celles liées à la production (0,015 kg eq-CO2 / kg d'avion, EcoInvent V2.2)

3. *Bilan carbone de la production & de la fin de vie intégré dans celui de la mission en prenant la durée de vie de l'appareil. Durée de vie de 10 000 heures pour le drone à voilure souple (Avec changement de la toile toutes les 1000 h), de 3 000 h pour l'hélicoptère léger et de 10 000 h pour l'avion léger.*

Les émissions de CO2 de l'hélicoptère pendant la mission sont 4,7 fois plus élevées que celles du drone, tandis que celles liées à la construction et au démantèlement sont 2,5 fois plus élevées.

Les émissions de CO2 de l'avion pendant la mission sont 1,46 fois plus élevées que celles du drone, tandis que celles liées à la construction et au démantèlement sont 2,6 fois plus élevées.

La part non récurrente des émissions dans le calcul des émissions totales de la mission est de 2% pour le drone, 2% pour l'hélicoptère léger et 1% pour l'avion léger.

[3*] *Energie nécessaire ≈ énergie perdue théoriquement pour un vol en plané.*
Avec une finesse d'environ 10 (avion de tourisme, meilleure finesse par rapport aux autres solutions) sur un trajet de 300km :
*Energie nécessaire ≈ 400 kg * 9,81 m/s² * 30 km ≈ 120 MJ* 0,3 MJ/kg

Novembre 2022

Association du Drone de l'Industrie Française

Les émissions totales de l'hélicoptère sont 4,7 fois plus élevées que celles du drone. Les émissions totales de l'avion sont 1,4 fois plus élevées que celles du drone.

Dans cet exemple, la différence de bilan carbone en faveur du drone provient du fait que le dimensionnement et le choix du système aéro-propulsif de ce dernier sont optimisés pour la mission, tandis que l'hélicoptère et l'avion sont surdimensionnés pour la mission (volume de chargement, charge interne maximale, vitesse de croisière, etc.), en plus du fait qu'ils doivent disposer d'un cockpit pour accueillir le pilote.

Les ratios des bilans d'émission carbone pour la mission diminuent légèrement lorsque l'on intègre les bilans liés à la construction et au démentiellement.

Il est important de noter que l'avion a besoin d'un aérodrome pour décoller et atterrir, ce qui n'est pas le cas des deux autres aéronefs.

5- Synthèse des comparaisons des bilans carbone sur les cas étudiés

Le tableau ci-dessous récapitule les écarts de bilan carbone des aéronefs avec pilote par rapport au drone, sur les différentes missions étudiées avec les charges payantes correspondantes.

Charge payante	Aéronef piloté vs drone de référence	Ratio des bilans CO2 pendant la mission	Ratio des bilans CO2 Production & Fin de Vie	Ratio des bilans mission + production & fin de vie
Mission n°1 (3 kg)	Avion (*)	**103**	**20**	**28**
Mission n°2 (20 kg)	Hélicoptère	**4,3**	**3,5**	**4**
Mission n°3 (150 kg)	Hélicoptère	**1,3**	**1,7**	**1,3**
Mission n°4 (400 kg)	Hélicoptère	**4,7**	**2,5**	**4,7**
	Avion (*)	**1,5**	**2,6**	**1,4**

(*) Besoin d'un aérodrome pour décoller et atterrir

6- Complément d'analyse sur les missions logistiques

Dans la comparaison précédente, les drones logistiques étudiés sont des prototypes dont le volume de soute et la charge payante préfigurent ceux des drones logistiques qui devraient apparaître sur le marché dans la prochaine décennie.

Pour que l'étude soit vraiment représentative des opérations logistiques réelles, il est utile de comparer leur bilan carbone avec celui d'aéronefs pilotés de capacité d'emport supérieure et qui feraient une seule rotation au lieu de plusieurs pour les drones, dont la capacité d'emport est limitée en volume et en masse.

Pour cela, les deux concepts drones logistiques mentionnés dans ce document :

- Un drone sur base l'hélicoptère Cabri G2 avec une capacité d'emport de 1 m3 et 150 kg
- Un drone à voilure souple sur base Flying-Robots FR102 avec une capacité d'emport de 1 m3 et 400 kg

sont comparés avec quatre aéronefs couramment employés pour du transport logistique de moyenne distance :

- Un hélicoptère lourd de la famille des Super Puma (H225)
- Un avion-cargo mono turbo propulseur Cessna 208B Caravan
- Un avion-cargo bi-turbo propulseur Beechcraft B1900D
- Un avion-cargo bi-turbo propulseur Antonov 26

			
H225	208B Caravan	B1900D	An-26

Dans le tableau ci-dessous, on ramène les quantités de CO2 émises pendant le vol à l'unité de volume ou de masse transporté et à l'unité de distance parcourue

		Drone F-R	Drone G2	H225	Cessna 208B	Beech 1900D	Antonov 26
AIRCRAFT SPECIFICATION	Max cargo volume (m3)	1	1	15,5	11	22,4	59
	Max internal pay load (kg)	400	150	2800	1400	2000	6000
	MTOW (t)	0,75	0,7	11,2	3,6	7,8	24
	Cruise speed (kts)	65	65	140	185	280	240
	Specific consumption (L/FH)	15	30	820	227	420	950
FUEL CONSUMPTION	Fuel quantity per carried volume and FH (l/m3/h)	15	30	53	21	19	16
	Fuel quantity per carried weight and FH (l/t/h)	38	200	293	162	210	158
CO2 EMISSION per FH	CO2 per carried volume and FH (kg/m3/h)	71	141	249	97	88	76
	CO2 per carried weight and FH (kg/t/h)	177	943	1380	764	990	746
CO2 EMISSION per km	CO2 per carried volume and flight distance (kg/m3/km)	2,0	4,0	7,1	2,8	2,5	2,2
	CO2 per carried weight and flight distance (kg/t/km)	5,0	26,9	39,3	21,8	28,2	21,3

Novembre 2022

Association du Drone de l'Industrie Française

Ces indicateurs permettent de comparer d'une part, un avion ou un hélicoptère pilotés chargés au maximum de leur capacité, et d'autre part, une flotte de drones de moindre capacité d'emport mais dont la capacité cumulée serait équivalente à l'aéronef étudié.

Les comparaisons de quantité de CO2 émises pendant la mission sont plus équilibrées que lors de l'étude précédente, à l'exception de l'hélicoptère lourd qui reste pénalisé.

Par comparaison avec un avion dont la soute sera remplie au maximum de sa capacité, une flotte de drones est plus avantageuse lorsqu'il s'agit de desservir un terrain non préparé, tandis que l'avion-cargo reste compétitif lorsqu'il s'agit de desservir un aérodrome.

Si la zone à desservir est à une distance acceptable d'un aérodrome, il faut intégrer dans le bilan carbone l'impact de la livraison terrestre pour parcourir les derniers kilomètres. Cette correction va intervenir en faveur des drones et au détriment des avions cargo.

Évidemment, si l'avion n'est pas chargé à plein, le bilan va se déséquilibrer très vite en faveur de la flotte de drones dont le nombre aura été ajusté au besoin.

Synthèse

Si les moyens aériens légers pilotés conserveront toujours leur justification pour certaines missions particulières, les comparaisons aussi bien théoriques que pratiques tendent à montrer que les bilans des émissions de carbone seraient sensiblement plus favorables si les opérations étaient réalisées par des drones de capacité de mission comparable, et ce d'autant plus que la charge payante est faible.

La comparaison est sans appel pour les missions de surveillance pour lesquelles l'utilisation des drones est bien plus avantageuse sur le plan des émissions de gaz à effet de serre que celle d'aéronefs pilotés.

Elle est un peu plus nuancée pour les missions logistiques. L'utilisation de drones dans la catégorie étudiée est cependant sensiblement plus avantageuse que celle d'aéronefs pilotés lorsqu'il s'agit de desservir une zone inaccessible à des avions cargo, et/ou lorsque la demande ne permet pas le chargement de l'avion à sa pleine capacité.

Nos lecteurs sont bien entendu invités à enrichir la réflexion en réagissant à ce document et en contribuant à le compléter.

Novembre 2022

Association du Drone de l'Industrie Française