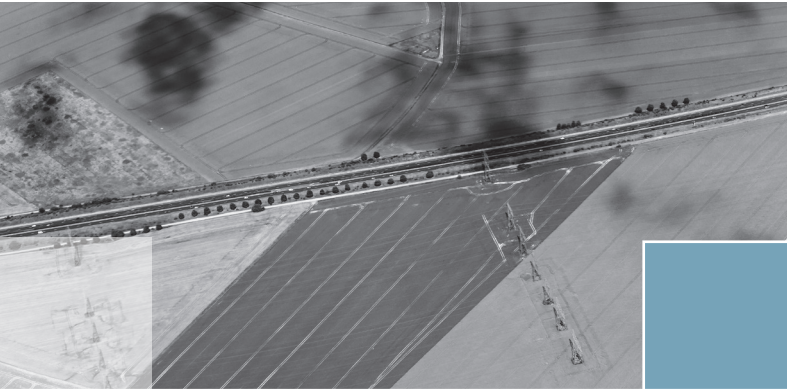




MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE

MINISTÈRE
DE L'ÉCONOMIE



ÉTUDES ÉCONOMIQUES

PROSPECTIVE

Perspectives de développement de la filière
des drones civils à l'export



Date de parution : 2017
Couverture : Hélène Allias-Denis, Brigitte Baroin
Édition : Martine Automme, Nicole Merle-Lamoot

ISBN : 978-2-11-151550-5

Perspectives de développement de la filière des drones civils à l'export



Le Pôle interministériel de Prospective et d'Anticipation des Mutations économiques (Pipame) a pour objectif d'apporter, en coordonnant l'action des départements ministériels, un éclairage de l'évolution des principaux acteurs et secteurs économiques en mutation, en s'attachant à faire ressortir les menaces et les opportunités pour les entreprises, l'emploi et les territoires.

Des changements majeurs, issus de la mondialisation de l'économie et des préoccupations montantes comme celles liées au développement durable, déterminent pour le long terme la compétitivité et l'emploi, et affectent en profondeur le comportement des entreprises. Face à ces changements, dont certains sont porteurs d'inflexions fortes ou de ruptures, il est nécessaire de renforcer les capacités de veille et d'anticipation des différents acteurs de ces changements : l'État, notamment au niveau interministériel, les acteurs socio-économiques et le tissu d'entreprises, notamment les PME. Dans ce contexte, le Pipame favorise les convergences entre les éléments microéconomiques et les modalités d'action de l'État. C'est exactement là que se situe en premier l'action du Pipame : offrir des diagnostics, des outils d'animation et de création de valeur aux acteurs économiques, grandes entreprises et réseaux de PME/PMI, avec pour objectif principal le développement d'emplois à haute valeur ajoutée sur le territoire national.

Le secrétariat général du Pipame est assuré par la sous-direction de la Prospective, des Études et de l'Évaluation Économiques (P3E) de la direction générale des Entreprises (DGE).

Les départements ministériels participant au Pipame sont :

- le ministère de l'Économie ;
- le ministère de la Transition écologique et solidaire ;
- le ministère de la Cohésion des territoires
- le ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation ;
- le ministère des Armées ;
- le ministère de l'Europe et des Affaires étrangères ;
- le ministère du Travail ;
- le ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation ;
- le ministère des Sports ;
- le ministère de l'Intérieur ;
- le ministère des Solidarités et de la Santé ;
- le ministère de la Culture ;
- le Commissariat général à la stratégie et à la prospective (CGSP), rattaché au Premier ministre.

Avertissement

La méthodologie utilisée dans cette étude ainsi que les résultats obtenus sont de la seule responsabilité des prestataires ayant réalisé cette étude (Tech2Market et Onéra) et n'engagent ni le Pipame, ni le ministère de l'Économie et des Finances (Direction générale des entreprises), ni le ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer (Direction générale de l'aviation civile) qui ont commandé cette étude.

Les parties intéressées sont invitées, le cas échéant, à faire part de leurs commentaires à la Direction générale des entreprises (DGE).

MEMBRES DU COMITÉ DE PILOTAGE (liste arrêtée au lancement de l'étude)

Noël LE SCOUARNEC	Direction générale des entreprises (DGE), chef du bureau de l'information économique et de la prospective
Alice MÉTAYER-MATHIEU	Direction générale des entreprises (DGE), adjointe au chef du bureau de l'information économique et de de la prospective
Aymeric de LOUBENS	Direction générale des entreprises (DGE), adjoint au chef du bureau des matériels de transport et de la mécanique
Masafumi TANAKA	Direction générale des entreprises (DGE), chef de bureau des systèmes électroniques
Kévin GUITTET ¹	Direction générale de l'aviation civile (DGAC), sous-directeur des études, des statistiques et de la prospective
Julien VALENTINO ²	Direction générale de l'aviation civile (DGAC), chef du bureau de la prévision de la prospective et de la veille stratégique
Muriel PREUX	Direction générale de l'aviation civile (DGAC), directrice de projet drones
Jean-Bernard RAVENEL	Direction générale de l'aviation civile (DGAC), bureau des grands programmes à la direction des transports aériens (DTA)
René ZANNI	Direction générale de l'aviation civile (DGAC), chargé de mission drone à la direction des services de la navigation aérienne (DSNA)

¹ Précédemment : jusqu'au 18 novembre 2015 inclus : Monsieur Philippe AYOUN, puis du 19 novembre 2015 au 14 mars 2016 inclus par Madame Laurence COLOMB de DAUNANT, cheffe du bureau des études économiques, assurant par intérim les fonctions de sous-directrice des études, des statistiques et de la prospective.

² Poste occupé précédemment par Monsieur Thibaut LALLEMAND jusqu'au 21 avril 2016.

La conduite des entretiens et la rédaction du présent rapport ont été réalisées par les organismes :

TECH2MARKET

74, rue de Bonnel
69003 Lyon
Tél. : +33 (0)4 78 82 84 33
www.tech2market.fr

Onéra

Chemin de la Hunière et des Joncherettes
91123 Palaiseau
Tél. : +33 (0)1 80 38 60 60
www.onera.fr

Consultants :

Benoît RIVOLLET, TECH2MARKET
Claude-Emmanuel SERRE, TECH2MARKET
Blaise CAVALLI, TECH2MARKET
Olivier GOMAND, TECH2MARKET
Claude le TALLEC, Onéra

SOMMAIRE

SOMMAIRE	9
SIGLES	11
CADRAGE DE LA MISSION	13
<i>Introduction et cadrage</i>	13
<i>Objectifs de l'étude</i>	14
USAGES ET MARCHÉS D'APPLICATION	15
<i>Les marchés d'application des drones civils</i>	15
<i>État du marché des drones civils et potentiel de croissance</i>	20
<i>Synthèse</i>	24
CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE	25
<i>Contexte réglementaire international</i>	25
<i>La réglementation française</i>	27
<i>Synthèse</i>	32
LES TECHNOLOGIES CLÉS ASSOCIÉES À LA FILIÈRE	33
<i>Introduction sur la technique</i>	33
<i>Système de bord et charge utile</i>	34
<i>Différentes caractéristiques pour différents usages</i>	35
<i>Évolutions technologiques et tendances</i>	37
<i>Les exigences de sécurité et de fiabilité</i>	38
<i>Synthèse</i>	40
CHAÎNE DE VALEUR ET ACTEURS DE LA FILIÈRE	41
<i>Acteurs</i>	41
<i>Chaîne de valeur de la filière drones</i>	42
<i>Paysage industriel</i>	43
VISION PROSPECTIVE À L'HORIZON 2030	45
<i>Scénario 1 : Systèmes de drones potentiellement de longue endurance certifiés pour une intégration dans le trafic aérien et le survol prolongé de populations</i>	46
<i>Scénario 2 : Systèmes de drones à fiabilité élevée pour des applications spécifiques</i>	48
<i>Scénario 3 : Systèmes de drones à diffusion large pour un usage professionnel de masse</i>	50
<i>Synthèse sur l'ensemble des scénarios</i>	51
ANALYSE DE LA FILIÈRE FRANÇAISE	59
<i>Cartographie et spécificités de l'écosystème français</i>	59
<i>Points forts de la filière française du drone civil à l'export vis-à-vis des exigences de sécurité et de fiabilité</i>	81
<i>Capacité de R & D à l'échelle française et européenne</i>	84
<i>Capacité de la filière à organiser une veille sur les marchés internationaux des drones civils</i>	87
<i>Capacité de la filière à exploiter les synergies à l'export entre les applications civiles et militaires</i>	89
<i>Mise en place d'une stratégie de développement à l'international</i>	90
<i>Synthèse</i>	91
CADRE RÉGLEMENTAIRE ET OUTILS DE SOUTIEN POUR L'EXPORTATION DE DRONES CIVILS	93
<i>Drones civils et contrôle des exportations</i>	93
<i>Les outils de soutien financier à l'export</i>	95
IDENTIFICATION ET SÉLECTION DES PAYS D'EXPORTATION POUR LA FRANCE	97
<i>Objectifs et Méthodologie</i>	97
<i>Résultats</i>	101
ANALYSE DES PAYS CIBLES ET STRATÉGIES DE PÉNÉTRATION DES MARCHÉS	105
<i>États-Unis</i>	105

<i>Allemagne</i>	113
<i>Espagne</i>	119
<i>Maroc</i>	125
<i>Inde</i>	129
<i>Conclusion et enseignements de l'analyse par pays</i>	135
PÉRENNISATION DE LA PRÉSENCE FRANÇAISE SUR LES MARCHÉS D'EXPORTATION	137
<i>Agriculture</i>	137
<i>Systèmes de sécurité</i>	143
<i>Secteur de l'inspection de réseaux et d'infrastructures</i>	147
<i>Conclusion</i>	153
RECOMMANDATIONS STRATÉGIQUES	155
INDEX DES ILLUSTRATIONS	155
<i>Index des tableaux</i>	163
<i>Index des figures</i>	164
ANNEXES	167
<i>Phasage et méthodologie</i>	167
<i>Mécanismes et leviers de financement disponibles à l'échelle nationale</i>	170
<i>Les outils régionaux de soutien financier à l'export</i>	174
<i>Analyse par pays</i>	176
<i>Pérennisation de la présence française sur les marchés d'exportation</i>	177
BIBLIOGRAPHIE	179

SIGLES

3AF	Association aéronautique et astronautique de France
AAE	Académie de l'air et de l'espace
Aesa	Agence européenne de la sécurité aérienne
AGL	Above ground Level
AGS	Allied ground Surveillance
APT	Aide au Partenariat Technologique
APU	auxiliary power Unit
BVLOS	Beyond visual Line of sight
CA	Chiffre d'affaires
CDC	Conseil pour les drones civils
CIBDU	Commission interministérielle des biens à double usage
CU	Charge utile
DGAC	Direction Générale de l'Aviation Civile
DGE	Direction générale des Entreprises
FAA	Federal aviation Administration
FMS	Flight management System
FPDC	Fédération Professionnelle du Drone Civil
GPS	Global positioning System
Hale	Haute altitude longue endurance
Male	Moyenne altitude longue endurance
MNT	Modèles numériques de terrain
MTCR	Missile technology control Regime
RPAS	Remotely piloted aircraft System
SBDU	Service des biens à double usage
TCP	Très courte portée
UAV	Unmanned air Vehicle
UCAV	Unmanned combat air Vehicle

CADRAGE DE LA MISSION

Introduction et cadrage

L'utilisation des drones dans le domaine militaire n'est pas une pratique nouvelle : depuis plusieurs décennies désormais, le développement et l'utilisation opérationnelle de drones de reconnaissance et même de drones armés est une réalité. *A contrario*, les développements sont plus récents dans le secteur des drones civils, avec pourtant un foisonnement actuel du nombre d'applications potentielles permises par les systèmes de drone.

En effet, le champ d'applications des drones civils semble infini, impliquant potentiellement un grand nombre d'acteurs différents, issus de secteurs très variés. Les offres proposées cherchent à se positionner aussi bien en rupture avec les services existants, qu'en complémentarité ou en substitution avec les outils actuellement utilisés, à l'exemple des autres vecteurs aériens (avions, hélicoptères, ou satellites) utilisés notamment pour des applications de cartographie.

Le développement de la filière française des drones civils devrait donc transformer progressivement le paysage industriel sur le territoire, permettant l'apparition de nouveaux acteurs clés incontournables pour la filière civile, avec une forte propension de développement sur les marchés internationaux. En effet, la filière française du drone civil est sur le devant de la scène internationale depuis la mise en place dès 2012 d'un cadre réglementaire permettant le développement d'applications commerciales. Posant ainsi très tôt les bases d'une nouvelle filière industrielle, les instances gouvernementales françaises concernées ont pris à ce moment-là un temps d'avance sur leurs homologues internationaux.

Cependant depuis 2012, le contexte a évolué fortement aussi bien sur le plan économique que réglementaire. Dans le sillon de nombreuses études macroéconomiques généreuses vis-à-vis du potentiel marché de la filière à court et moyen terme, le nombre d'acteurs impliqués dans des travaux de développement a littéralement explosé, aussi bien en France qu'en Europe et à travers le monde.

L'explosion attendue du marché se fait cependant toujours attendre, du fait notamment d'une absence de maturité de la technologie apportant des contraintes réglementaires.

Par ailleurs, les applications cibles supposent des investissements importants et des changements de pratiques, parfois freinés par une certaine inertie au changement de la part des acteurs traditionnels, pour lesquels les systèmes de drone vont bouleverser considérablement les méthodes de travail.

Au lieu du marché promis à un avenir radieux avec de nombreuses opportunités de développement évoqué il y a quelques années, le secteur du drone présentera un marché au potentiel réel et d'intérêt à moyen/long terme, mais qui restera limité à court terme sur le territoire national à la vue des technologies existantes et des contraintes imposées de sécurité associées et de l'intensité concurrentielle. La filière se dirige ainsi inévitablement vers une consolidation des acteurs au travers d'une réorganisation des compétences en son sein, avant de pouvoir atteindre la démocratisation attendue des usages à moyen/long terme, portée par la résolution des problématiques de sécurité et de sûreté associées, permettant alors l'ouverture réelle du marché et des applications envisagées aujourd'hui.

Dans un tel contexte, le développement et la pérennisation des acteurs français du drone civil sur les marchés d'exportation représentent une opportunité majeure de développement d'une filière industrielle en France, au même titre qu'un moyen de préserver le marché intérieur face à la concurrence étrangère actuelle et à venir. Il est clair que l'uniformisation du cadre légal d'utilisation des systèmes de drone n'arrivera pas à court terme en Europe, et que les acteurs impliqués dans des travaux actuellement restent dans l'attente de l'identification de marchés cibles au potentiel de développement attractif d'un point de vue socio-économique.

Ainsi, cette étude vise à proposer un cadre d'analyse des marchés internationaux pour les acteurs de la filière française du drone civil, afin que ces derniers puissent disposer d'une vision générale des opportunités des marchés internationaux. Elle doit également permettre l'organisation et la structuration de la filière sur le territoire, en apportant aux acteurs des mécanismes et des leviers de développement susceptibles de répondre à leurs besoins associés à une stratégie de développement à l'export.

Objectifs de l'étude

La DGE et la DGAC travaillent en collaboration sur une feuille de route de structuration de la filière des drones civils depuis 2014.

Dans ce cadre, l'objectif est d'identifier les conditions optimales pour que la filière française des drones civils puisse se développer au mieux à l'international, dans une optique d'exportation et de pérennisation de celle-ci sur le long terme.

Cet objectif peut être décomposé en trois points :

- Identifier les futurs marchés internationaux pour les drones civils français et en extraire une méthodologie réutilisable :
 - o marché de l'utilisation opérationnelle de systèmes de drones,
 - o marché de la construction de systèmes de drones ;
- Établir les recommandations pour la filière drones à destination des acteurs publics et privés afin de faciliter la pénétration des futurs marchés ;
- Établir les recommandations permettant de pérenniser la présence française sur les marchés internationaux.

USAGES ET MARCHÉS D'APPLICATION

Les marchés d'application des drones civils

Introduction et segmentation des applications

Le foisonnement des usages potentiels des drones civils rend difficile l'exercice de segmentation des applications et des marchés cibles. En effet, il est possible de regrouper les différentes applications selon différentes approches :

- selon des grands domaines d'applications (génie civil, sécurité civile, télécommunications...),
- ou selon des typologies de mission spécifiques, regroupées par thématiques (études scientifiques : géologie, météorologie, prises de vues aériennes...).

La difficulté de l'exercice réside également dans le chevauchement de certaines typologies d'applications sur plusieurs marchés cibles, à l'exemple des applications de prises de vues aériennes, qui peuvent intégrer de nombreux segments de marché différents.

Il est également possible de réfléchir à la segmentation à partir de la typologie de drone utilisée (vecteur et charge utile). Cette approche présente l'avantage de regrouper l'ensemble des applications derrière des dispositifs similaires en termes de conception et d'usage. L'objectif de l'exercice est d'aboutir à une telle segmentation, mais celle-ci demande au préalable de pouvoir qualifier l'ensemble des applications envisageables.

Afin de rendre l'exercice aussi synthétique et compréhensible que possible, nous avons fait le choix d'une segmentation par grands domaines d'applications.

Nous proposons de retenir les grands domaines d'applications suivants³ :

- Génie civil :
 - o travaux publics ;
 - o contrôle et inspection d'ouvrages d'art, de sites industriels, de bâtiments, de ponts, de barrages ;
- Infrastructures et réseaux :
 - o contrôle et inspection de réseaux de transport et d'énergie (voies ferrées, réseau électrique, pipelines, oléoducs, gazoducs),
 - o gestion industrielle des sites d'exploitation de l'industrie minière et pétrolière (hors réseaux d'acheminement) ;
- Sécurité civile :
 - o sécurité des milieux naturels : incendies de forêts, recherche et sauvetage (avalanche, catastrophe naturelle), évaluation des dégâts en cas de catastrophe naturelle,
 - o sécurité des frontières/sécurité intérieure : contrôle aux frontières, surveillance maritime, surveillance du trafic routier et des transports,
 - o sécurité urbaine : maintien de l'ordre et sécurité publique ;
- Agriculture :
 - o agriculture de précision, surveillance des cultures, des parcs nationaux ;
- Transport de fret
- Études scientifiques :
 - o surveillance des ressources naturelles, étude de l'atmosphère, étude des sols et des océans, études et prévisions météorologiques ;
- Information et média :
 - o cinéma, photographie, publicité, loisirs, communications,
 - o relais de communication.

Génie civil

Travaux publics

Dans le secteur de la construction et des travaux publics, les drones possèdent un potentiel d'intérêt concernant des applications associées à la prise de vues aériennes, à la surveillance et au *monitoring*. En effet, face aux fortes

³ La hiérarchisation dans la présentation des domaines d'applications n'est pas représentative de l'importance relative de chacun.

contraintes économiques et aux impératifs de sécurité, le drone permet de répondre aux besoins en termes de topographie notamment.

Le secteur des travaux publics est par ailleurs un secteur économique majeur, soumis à de fortes contraintes aussi bien d'un point de vue légal, économique ou de sécurité. Le drone permet ainsi d'offrir une solution à forte valeur ajoutée.

Sur ce segment d'applications, le drone permet donc de réaliser des levés et des plans topographiques afin de suivre l'avancée des chantiers, de produire des modèles numériques, de déterminer les cubatures des volumes à déplacer, ainsi qu'un survol pour les zones difficiles d'accès. Les applications se positionnent sur des chantiers entre 10 et 500 hectares⁴, là où l'emploi d'un géomètre devient trop chronophage, et où l'utilisation d'un hélicoptère ou d'un avion s'avère trop onéreuse, ou sur des zones plus petites présentant des dangers pour l'homme au sol.

Contrôle et inspection d'ouvrages et de sites industriels

Dans le domaine du génie civil, les applications de contrôle, d'inspection et de surveillance s'appliquent à de nombreuses typologies d'ouvrages différents (barrages, ponts, viaducs, parois rocheuses, éoliennes...). Certaines applications spécifiques peuvent également concerner des hauts fourneaux ou des centrales thermiques, avec des services d'inspection technique ou de thermographie.

Ce type d'application est généralement couvert par des drones multirotors permettant un vol stationnaire et un décollage facilité afin de se rapprocher au plus près des cibles dans des environnements parfois difficiles. Il s'agit ici d'un segment de marché en émergence, avec de nombreuses expérimentations en cours de réalisation.

L'opération par drone favorise ainsi la surveillance de structures difficiles d'accès, et permet alors de diminuer le coût global des interventions.

Infrastructures et réseaux

Contrôle et inspection de réseaux de transport et d'énergie

Sur ce domaine, les applications les plus potentielles portent sur la surveillance de réseaux de grande échelle (lignes ferroviaires, gazoducs, lignes électriques) afin de repérer les risques pouvant affecter la sécurité et le bon fonctionnement. La surveillance cherche, en complément de la vérification de l'intégrité des structures, à identifier les menaces potentielles (inondations, vols, intrusions...). Ce type d'applications implique la réalisation de longs trajets par de gros dispositifs évoluant en B-VLOS⁵.

Il s'agit ici d'un marché en émergence sujet à de nombreuses expérimentations. Bien que présentant un fort potentiel, cet usage est incertain compte tenu des évolutions nécessaires tant au niveau réglementaire que technologique. Les systèmes de drones doivent ainsi bénéficier d'une maturité supérieure afin de pouvoir concurrencer les outils actuels et ainsi être source d'économies d'échelle.

Les acteurs et les utilisateurs finaux restent attentifs au développement de cet usage. Les donneurs d'ordres s'impliquent dans des développements technologiques associés à des expérimentations. L'implication d'acteurs stratégiques de l'aéronautique peut représenter un facteur de développement essentiel à cet usage.

Gestion industrielle des sites d'exploitation de l'industrie minière et pétrolière

Les drones peuvent être mis au service des géologues et de l'industrie minière : ils constituent un outil d'intérêt pour réaliser des cartographies et/ou des relevés topographiques de haute précision, ainsi que pour la collecte de données concernant l'extraction de ressources naturelles.

Il s'agit ici d'un usage présentant un fort potentiel de développement, associé à des solutions d'imagerie infrarouge, de relevés topographiques, de mesures de cubature, de l'orthophotographie ou des modèles numériques de terrain (MNT).

Sur cet usage, la valeur ajoutée des drones est bien réelle, avec des inconvénients et des freins qui restent minimes. Cependant, les utilisateurs finaux sont particulièrement sensibles aux prix des drones. Les acteurs ont

⁴ Source : Redbird : les drones fondent sur les travaux publics ; Construction Cayola ; mai 2014 ; URL : <http://www.constructioncayola.com/carrieres/article/2014/05/19/92835/redbird-les-drones-fondent-sur-les-travaux-publics.php>

⁵ Beyond Visual Line of Sight (hors vue directe).

ainsi actuellement tendance à acquérir des véhicules pilotés à distance grand public, sur lesquels un ensemble va pouvoir intégrer des modules standards permettant l'usage souhaité.

Les acteurs du secteur cherchent ainsi à garder la maîtrise sur l'ensemble de la chaîne de valeur, de la conception du système de drones en passant par la maintenance, la planification des vols, l'opération ou le traitement de données. D'un point de vue logiciel, les industriels utilisent des outils *open-source*, ou développent parfois eux-mêmes les outils et interfaces nécessaires.

Sécurité civile

Sécurité des milieux naturels

Les drones présentent un potentiel sur de nombreuses activités en termes de sécurité civile. Les usages sont cependant freinés en fonction de l'acceptation sociétale et de la proximité avec la population.

Actuellement, peu de dronistes sont en mesure de répondre aux appels d'offres lancés par les organismes de sécurité civile du fait des exigences techniques et sécuritaires très importantes sur ces marchés (capacité à voler par vent fort, qualité et fiabilité, flexibilité et délai de mise en œuvre).

Les charges utiles sont développées à la fois par les constructeurs et par les équipementiers. Ces derniers possèdent cependant une meilleure interaction avec les utilisateurs finaux, permettant une bonne adéquation avec les besoins du terrain.

Les cas d'usage dans ce domaine impliquent une capacité à intervenir dans des conditions spécifiques, voire extrêmes. En cas de situation d'urgence, un protocole d'intervention avec les autorités aéroportuaires locales doit permettre de ségréguer la zone de vol du drone vis-à-vis des aéronefs. L'accord du gestionnaire d'espace ou de l'exploitant d'aéroport est nécessaire.

Sécurité des frontières/sécurité intérieure/sécurité urbaine

Dans un contexte migratoire actuel de plus en plus tendu, le problème de la surveillance des frontières est plus que jamais d'actualité. Certaines estimations annoncent d'ailleurs une multiplication du marché par cent d'ici 2020⁶.

Dans le domaine de la sécurité, les applications potentielles sont très nombreuses, incluant notamment l'aide aux secours lors de catastrophes naturelles ou d'accidents de grande ampleur, la surveillance de feux de forêts ou de sites sensibles, la lutte contre le vol d'infrastructures, ou bien la surveillance des frontières ou d'émeutes urbaines.

Le montant des prestations peut s'avérer élevé sur ce type d'applications, en comparaison des autres applications cibles. En effet, un drone de sécurité aura des missions d'une durée bien plus longue et surveillera des territoires beaucoup plus vastes. Le matériel utilisé doit également être plus sophistiqué, avec une capacité d'emport plus importante, davantage d'autonomie de vol, et des capteurs de pointe.

Les clients de ces services se trouvent au niveau de la sphère publique, avec des acteurs comme la sécurité civile, les pompiers, ou les forces de l'ordre. Des acteurs du secteur privé opérant dans l'énergie, les transports ou la construction peuvent également être intéressés. Du côté des fabricants, les sociétés issues de l'aéronautique comme Survey Copter ou Sagem sont impliqués dans les projets de développement, au même titre que des acteurs du domaine militaire comme Thalès. Par ailleurs, les groupes de défense américains et israéliens se convertissent progressivement aux drones civils pour couvrir ce type d'applications.

Agriculture

Sur ce domaine d'application, l'agriculture de précision représente le plus gros potentiel à court terme. L'utilisation des drones permet plus de flexibilité, plus de précision et plus de réactivité qu'un satellite. Elle possède cependant d'autres contraintes spécifiques, comme la dépendance aux conditions météorologiques et la limitation de la surface d'acquisition due à la faible altitude de vol.

Les applications potentielles sont très nombreuses en agriculture de précision, comme on peut le voir sur le tableau suivant :

⁶ Drones de sécurité : un marché très prometteur ; Face au risque ; février 2015 ; URL : <http://www.faceaurisque.com/index.php/Accueil/Maitrise-des-risques/Dossiers/Drones/Drones-de-securite-un-marche-tres-prometteur>

Tableau 1 - Les différents cas d'applications dans le domaine de l'agriculture de précision

Recherche agronomique	Grande culture – Viticulture	Diagnostic de pathologies et de dommages
<ul style="list-style-type: none"> Analyse et suivi de microparcelles expérimentales 	<ul style="list-style-type: none"> Optimisation de la fertilisation azotée Érosion des sols Stress hydrique Modulation intra-parcellaire Calcul surfacique Calcul du NDVI (Indice de végétation) Analyse des traitements phytosanitaires Relevés topographiques et photographiques Relevés de traitements viticoles Étude d'humidité des sols Comptage des manquants Mesure de la chlorophylle Estimation des rendements agricoles Cartographie parcellaire Détection d'adventice 	<ul style="list-style-type: none"> Flavescence dorée Maladie du bois noir Mildiou Mauvaises herbes Dégâts de gibiers Dégâts météorologiques

Les agriculteurs utilisent principalement deux types d'appareils :

- Les multicoptères qui peuvent évoluer en basse altitude et faire du vol stationnaire ;
- Les ailes volantes possédant des capacités de vitesse supérieures (50 km/h) permettant de couvrir une plus grande surface.

À ces typologies de drones s'ajoutent les nombreux capteurs spécifiques nécessaires, les compétences associées en agronomie, ainsi que les logiciels intégrés pour réaliser l'analyse des données récoltées.

Transport de fret

Le transport de fret est une des applications potentielles des drones civils qui bénéficie régulièrement d'une forte couverture médiatique, à l'image de la révolution que cela pourrait représenter dans ce secteur. Cette couverture est notamment assurée par l'implication de certains GAFAs sur le sujet, à l'image du projet *Wing* de Google, ou de l'annonce faite par Amazon ou Wal-Mart concernant la mise en place de services de livraison par drone.

Dans la réalité, l'ère de la livraison par drone semble encore lointaine, à la vue des barrières aussi bien technologiques, réglementaires qu'économiques sur ce type de service. Cependant, le sujet intéresse de nombreux acteurs, ce qui justifie largement les développements continus à ce sujet.

En attendant l'évolution du cadre réglementaire dans les zones les plus développées, le transport de fret dévoile progressivement son potentiel dans les pays en voie de développement, avec de nombreuses opportunités associées à la fourniture de produits alimentaires de base ou de premiers soins, dans des zones reculées où l'accès par la route est bien souvent délicat. Ainsi, le continent africain attire déjà certains projets de développement, à l'image du projet Afrotech soutenu par l'École polytechnique fédérale de Lausanne. On peut

également citer Matternet (drone autonome dédié au transport, capable de se diriger et de se poser automatiquement sur des zones prédésignées), ou DHL, qui effectue la livraison de médicaments par drone sur une île à 12 km des côtes allemandes⁷.

Études scientifiques

Les usages en environnement peuvent parfois se recouper avec d'autres usages (comme la surveillance de réseaux ou la sécurité civile). Principalement au stade de développement, il peut s'agir aussi bien de services de contrôle et de mesure de polluants, d'analyse de catastrophes naturelles, que d'opérations de définition de cartographie environnementale pour l'agriculture.

Dans ce contexte d'études scientifiques, les États-Unis utilisent depuis plusieurs années un drone *Hale Global Hawk* pour l'observation de zones reculées sur terre, zones difficilement accessibles par d'autres moyens.

Information et média

Les applications principales dans ce domaine sont les suivantes :

- mise en valeur de bien patrimonial pour la location ou la vente ;
- promotion de sites touristiques ;
- couverture événementielle, manifestation ou compétition sportive ;
- cinéma et télévision.

Pour ces usages, aucune instrumentation spécifique n'est nécessaire puisque le besoin concerne avant tout la prise de vues. La charge utile de l'appareil est ainsi composée d'un appareil de photographie et de vidéo.

Il s'agit actuellement de l'application la plus développée et la plus mature sur le marché, puisque les dispositifs nécessaires sont relativement simples et accessibles.

De nombreux acteurs se sont ainsi lancés sur ce créneau récemment, mais la tendance est à la diminution de la part d'activité des acteurs spécialisés sur cet usage, au profit d'activités plus techniques. L'audiovisuel représente cependant une activité récurrente chez les dronistes car présentant une réelle demande.

Recherche et développement de véhicule aérien

Des drones peuvent aussi être utilisés, en complément aux essais en soufflerie, pour la mise au point de nouveaux concepts de véhicules aériens. Cette utilisation est illustrée par le projet de démonstrateur ÉOLE du Cnes et de l'Onéra qui vise à étudier la faisabilité de remplacer le premier étage d'un lanceur classique par un engin aéroporté automatisé et réutilisable.

⁷ DHL inaugure le premier service régulier de livraisons par drones, Sciences et Avenir, 06/10/2014.

État du marché des drones civils et potentiel de croissance

Le marché à l'échelle mondiale

Le marché des drones civils est un marché en pleine émergence. Les nombreux facteurs à intégrer afin de quantifier l'ampleur du potentiel de son développement rendent l'exercice des estimations chiffrées très difficile, comme le démontre le désaccord entre les nombreuses études publiées sur le sujet.

Au niveau mondial, le marché commercial des drones est estimé selon le cabinet Grandviewresearch⁸ à 552 millions de dollars US en 2014, avec un taux de croissance moyen annuel prévisionnel de 16,9 % sur la période 2014-2022. De son côté, le cabinet d'étude Frost & Sullivan⁹, d'après une étude publiée en juin 2011, estimait le potentiel du marché à près de 2 milliards de dollars en 2015 ; alors qu'un autre cabinet, Teal Group Automation, évalue de son côté à près de 89 milliards de dollars la taille du marché d'ici 2023. Il semble ainsi que ces dernières estimations aient surévalué le potentiel réel du marché, qui reste actuellement bridé par des contraintes technologiques, réglementaires et économiques. Une étude plus récente publiée en 2015 par le cabinet MarketsAndMarkets¹⁰ prévoit une valeur du marché de 5,59 milliards de dollars USD d'ici 2020, avec un taux de croissance annuel moyen de l'ordre de 32 % entre 2015 et 2020.

Ces prévisions se basent sur différents facteurs clés de développement, comme l'aboutissement d'une réglementation sur l'intégration des drones dans l'espace aérien, des financements pour faciliter l'acquisition de drones par les acheteurs, ou encore un système d'assurance pour la couverture des litiges. Or, ces facteurs sont autant de barrières au développement des drones civils qui n'ont pas trouvé actuellement de solutions permettant une véritable démocratisation des usages. Ces estimations restent d'intérêt face aux tendances qu'elles illustrent, et notamment en lien avec la répartition du marché au sein des différents segments d'intérêt. La rareté des pilotes compétents, les problèmes de sécurité et de sûreté associés ainsi que la gestion du trafic aérien sont autant d'autres facteurs limitants de la croissance du marché. Par ailleurs, le développement des drones commerciaux hautement automatisés pose de véritables problèmes aux acteurs de l'industrie, dans une problématique de rationalisation des coûts, aussi bien du point de vue du développement des produits que du prix de vente acceptable pour les utilisateurs finaux.

Le marché des drones civils évolue rapidement vers des services de fournitures de données et de diagnostics pour des domaines divers et variés : surveillance de réseaux d'infrastructures, agriculture et environnement, et cartographie notamment.

La segmentation des marchés cibles proposée dans une étude réalisée par AAE (Académie de l'air et de l'espace) et A3F (Association aéronautique et astronautique de France) à l'horizon 2020 est présentée à la figure ci-après¹¹. Selon cette étude, le marché est évalué à 180 M€ pour la France - 1 100 M€ pour l'Europe et 10 milliards d'euros pour le monde. La surveillance des infrastructures réseaux représente plus d'un tiers des applications.

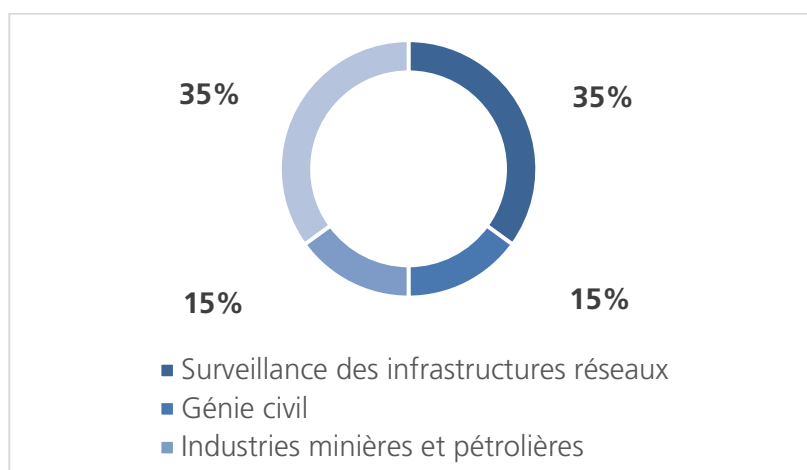
⁸ *Global Commercial Drones Market*, Grandviewresearch, août 2015.

⁹ *The Future of the Civil and Military UAV Market*, Frost & Sullivan, 28 juin 2011.

¹⁰ *UAV Drones Market by Type (Fixed Wing, Rotary Blade, Nano, Hybrid), Application (Law Enforcement, Precision Agriculture, Media and Entertainment, Retail), & Geography (Americas, Europe, APAC, RoW) - Analysis & Forecast to 2020*, MarketsAndMarkets, février 2015.

¹¹ *Présent et futur des drones civils*, AAE et 3AF, 2015.

Figure 1 - Répartition du marché des drones civils à l'horizon 2020 dans le monde¹²



Ces données dépendent cependant fortement de l'évolution des conditions réglementaires opérationnelles. Il est également possible de segmenter le marché des drones civils non pas en fonction des applications d'intérêt, mais de la typologie de vecteurs utilisés pour le déplacement du drone. Il existe ainsi quatre grandes typologies de voilures : les voilures tournantes (*rotary blade*), les voilures fixes (*fixed wing*), les convertibles (*convertible*) et les voilures battantes (*flapping wings*). Parmi ces différentes typologies, les voilures tournantes représentent la majorité du marché en 2014, avec une estimation prévisionnelle des volumes impliqués d'ici 2020 à la hauteur de 4,93 milliards de dollars US d'ici 2020, et un taux de croissance annuel moyen de plus de 31 % entre 2015 et 2020¹³. Cette typologie de drone est notamment appréciée pour les applications médias de prises de vues, pour lesquelles la stabilité de la voilure tournante permettant des vols stationnaires représente un véritable avantage.

Le marché à l'échelle française

Leaders dans le domaine des drones militaires, les États-Unis et Israël (qui représentent 75 et 25 % du marché militaire) se positionnent également sur le marché des drones civils¹⁴. Membre du réseau UAVNET, Israël a en effet lancé pour la Commission européenne les premières études à ce sujet dès le début des années 2000, avec des projets tels qu'Usico (*UAV Safety Issues for Civil Operations*), et Capecon (*Civil UAV Applications & Economic Effectivity of Potential. Configuration*) Ces derniers visaient à définir les configurations et les applications des drones civils, ainsi qu'à améliorer leurs capacités opérationnelles et leur sûreté.

Avec une position de précurseur, la France possède de réels atouts en matière de drone civil, notamment grâce à la mise en place précoce d'une réglementation autorisant l'expérimentation. La mise en place de la réglementation par la DGAC (voir chapitre dédié) a en effet représenté un véritable moteur de croissance pour la filière drones française.

À la fin de l'année 2015, la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC) recensait 2 313 opérateurs sur le territoire, ce qui fait de la France l'un des pays les plus importants en termes de nombre d'opérateurs commerciaux enregistrés en 2015. *Start-up* ou PME, ces opérateurs sont majoritairement actifs sur le segment de la prise de vues (soit 80 à 90 % des opérateurs concernés). Du côté des constructeurs de drones français, les acteurs sont pour la plupart en phase de levée de fonds, de développement et de positionnement sur les marchés.

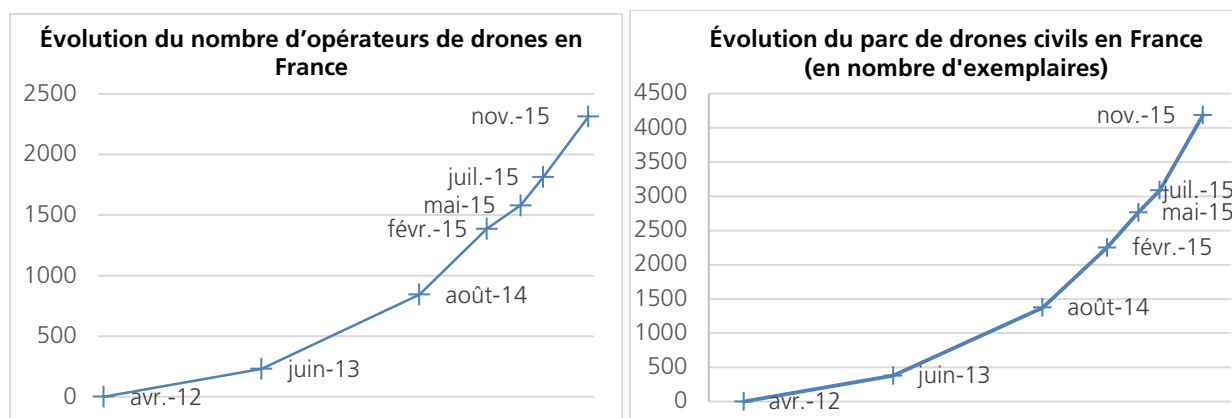
Lors des deux dernières années, le marché civil du drone en France a connu une forte croissance, avec la multiplication par dix du nombre d'opérateurs en deux ans (voir Figure 2).

¹² *Présent et futur des drones civils*, AAE et 3AF, 2015.

¹³ *UAV Drones Market by Type (Fixed Wing, Rotary Blade, Nano, Hybrid), Application (Law Enforcement, Precision Agriculture, Media and Entertainment, Retail), & Geography (Americas, Europe, APAC, RoW) - Analysis & Forecast to 2020*, MarketsandMarkets, février 2015.

¹⁴ *Defense firms find commercial foothold*, InsideUnmannedSystems, septembre 2015.

Figure 2 - Indicateurs clés de la croissance du marché du drone civil en France entre 2013 et 2015¹⁵



Les données du marché des drones civils en France présentées par les différentes études effectuées dans le domaine restent très variables¹⁶. En 2015, l'AAE et 3AF estimaient le marché entre 10 et 20 millions d'euros¹⁷. Ces données sont réalisées par un très grand nombre de microcontrats, avec des prestations courantes facturées entre 5 000 et 20 000 euros. Une étude publiée en mars 2016 par le cabinet Oliver Wyman estime de son côté le marché à 155 millions d'euros en 2015¹⁸.

Il est très difficile de chiffrer les segments de marché associé aux différents usages. Par rapport aux différentes estimations disponibles, la réalité est bien souvent inférieure aux prévisions, avec une utilisation industrielle stable, dans l'attente d'une croissance à venir. Dans une étude réalisée en 2014¹⁹, Xerfi prévoyait l'évolution des segments de marché entre 2013 et 2015. Le chiffre d'affaires des constructeurs et des exploitants français de drones était estimé à environ 300 M€ en 2015 (ce qui représenterait 15 % du marché mondial) avec une croissance de près de 70 % par an entre 2013 et 2015 sur tous les usages. Le cabinet prévoyait que les usages associés aux loisirs connaîtraient une stagnation (fait contesté par une étude plus récente de l'institut GFK, qui indique que les ventes de drones de loisir ont triplé entre 2014 et 2015²⁰) en comparaison d'une très forte croissance pour les usages de contrôles, d'inspections et des sciences de la terre (dans l'agriculture ou les mines et carrières par exemple). Ces données sont relativement en accord avec celles issues de l'étude réalisée par En Toute Sécurité & FPDC²¹ (voir Figure 3).

¹⁵ L'essor des drones aériens civils en France : enjeux et réponses possibles de l'État, SGDSN, 2015. <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/154000748.pdf>

¹⁶ Les chiffrages dépendent des hypothèses effectuées et des méthodologies employées, propres à chaque étude.

¹⁷ *Présent et futur des drones civils*, AAE et 3AF, 2015.

¹⁸ Le marché français des drones civils pourrait dépasser 650 millions d'euros en 2025, L'Usine Nouvelle, 01/03/2016.

¹⁹ *Étude de la structuration de la filière drones par les usages*, DGE, 2015, d'après Xerfi.

²⁰ Drones de loisir, un marché encore en plein essor, <http://www.drone-actu.fr/actualite/drones-de-loisir-un-marche-encore-en-plein-essor>

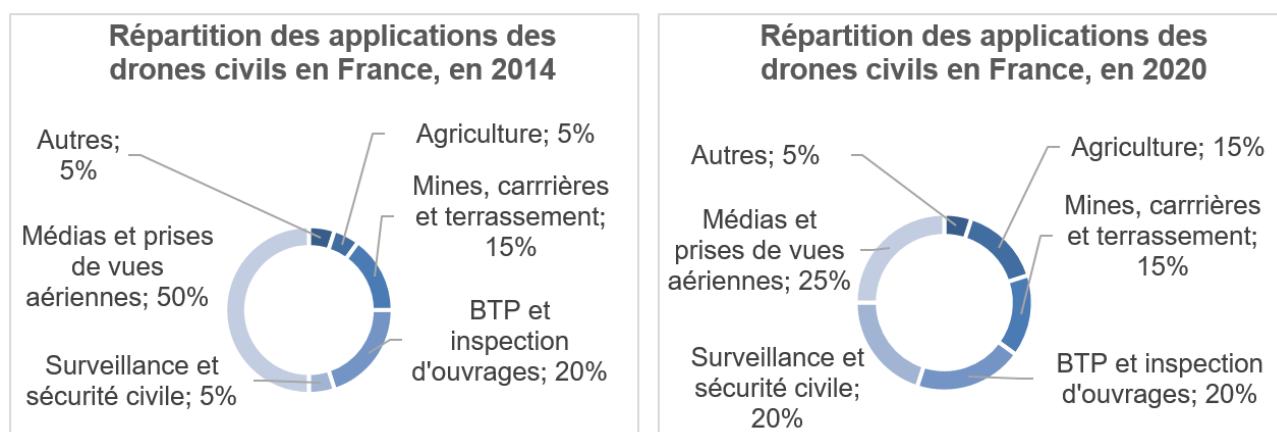
²¹ *Les drones civils professionnels*, En Toute Sécurité & FPDC, 2015.

Tableau 2 - Perspectives d'activité par marchés clients en France en 2015²²

Segments de marché cible	Poids dans le marché des drones civils en 2015	Croissance des ventes annuelles 2013 - 2015	Exemple d'applications
Loisir	30 %	.	
Information et médias	30 %	+	
Surveillance et inspection	15 %	++	Surveillance des réseaux électriques, gaziers ou des voies ferrées ; Inspection visuelle des bâtiments et ouvrages d'art ; Thermographie
Sciences de la terre et de la vie	15 %	+++	Agriculture de précision ; Cartographie ; Mesure de cubature (carrières)
Sécurité civile	10 %	+	

Avec une position actuellement dominante, les applications de prises de vues pour les médias notamment devraient être progressivement reléguées au second plan du marché, avec le développement entre autres des applications en agriculture et en surveillance et de sécurité civile. C'est ce que montre l'étude réalisée par En Toute Sécurité & FPDC (Figure 3).

Figure 3 - Répartition des applications des drones civils en France en 2014 et 2020²³



Le Tableau 3 montre comment pourrait être valorisé le marché en 2020, selon l'étude réalisée par AAE et 3AF²⁴. Même si la segmentation n'est pas la même que celle effectuée dans l'étude En Toute Sécurité & FPDC, on peut observer que les prédictions diffèrent (dans le secteur des médias et des prises de vues aériennes, un écart de 20 % est observé).

²² Le marché des drones civils, Xerfi, 2015.

²³ Les drones civils professionnels, En Toute Sécurité & FPDC, 2015.

²⁴ L'étude en question (*Présent et futur des drones civils*, AAE et 3AF, 2015) est en cours de publication.

Tableau 3 - Segmentation du marché français et européen en fonction des applications cibles, en 2020²⁵

	Segmentation	France	Europe
Infrastructures/réseaux	35 %	62 M€	385 M€
Génie civil	15 %	27 M€	165 M€
Industries minières et pétrolières	15 %	27 M€	165 M€
Agriculture, forêt, pêche	5 %	9 M€	55 M€
Sécurité civile	5 %	9 M€	55 M€
Sécurité chimique, biologique ou nucléaire	5 %	9 M€	55 M€
Environnement, météorologie, vie sauvage	5 %	9 M€	55 M€
Télécommunications	5 %	9 M€	55 M€
Maintien de l'ordre et sécurité publique	5 %	9 M€	55 M€
Cinéma, photographie, publicité, loisirs, communication	5 %	9 M€	55 M€
Marché accessible total	100 %	179 M€	1 100 M€

La croissance du marché est fortement corrélée à la maturation des technologies nécessaires pour insérer les drones dans l'espace aérien et à la mise en place de réglementations. En effet, d'un point de vue réglementaire, l'objectif de sécurité en termes de nombre socialement acceptable d'accidents majeurs ou de catastrophiques par heure de vol de drone n'est pas encore fixé précisément. Des premiers chiffres sont proposés par les régulateurs pour ce qui concerne le risque de collision avec un autre aéronef, les chiffres relatifs au risque de blessures de tiers au sol ne sont pas encore disponibles. Ce sont pourtant ces chiffres qui vont permettre aux constructeurs de drones et d'équipements de sécurité de se mobiliser pour rechercher les innovations majeures nécessaires à un usage sûr et routinier des systèmes de drones.

Synthèse

La filière drones reste aujourd'hui très jeune et en cours de structuration. Son évolution reste ainsi difficile à prévoir et pourrait nécessiter une restructuration de la filière si l'obtention d'un niveau de sécurité acceptable pour l'usage de drones rend leurs coûts d'acquisition et d'exploitation notablement supérieurs à ceux observés aujourd'hui. Actuellement, les freins majeurs au développement du marché se trouvent dans son morcellement en de très nombreuses niches répondant à des besoins multiples et faisant appel à des métiers très variés. De plus, les dimensions locales, régionales et nationales sont très importantes, avec des exigences de compétitivité, de sécurité et de qualité souvent divergentes. Du point de vue des entreprises, les drones soulèvent la problématique de l'adaptation au changement et de la mise en place de nouvelles compétences. Finalement, l'acceptation des drones par le public constitue également un frein potentiel important, en particulier dans le cas de drones équipés d'équipements de surveillance dans l'espace public, qui ouvrent le débat de la protection de la vie privée. La forte capacité d'innovation de l'industrie française constitue en revanche un levier important.

²⁵ *Présent et futur des drones civils*, AAE et 3AF, 2015.

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

Contexte réglementaire international

Très peu préparées à l'arrivée des drones dans leur espace aérien, les autorités de plusieurs pays doivent pallier l'absence de réglementation. Les règles sont généralement fonction du poids du drone ainsi que de son utilisation. Des règles très contraignantes constituent une forte barrière à l'entrée sur le marché ; certains pays sont donc plus propices que d'autres au développement et à l'utilisation de drones. Les entreprises présentes dans des pays ayant développé tôt des règles souples bénéficient donc d'un avantage compétitif²⁶ : c'est le cas notamment en Ontario (Canada), voisin des États-Unis où les règles demeurent contraignantes²⁷ mais sont en voie de changer de façon incrémentale²⁸ (jusqu'à présent, les drones utilisés de façon commerciale sont sujets aux standards de navigabilité de la FAA, avec la possibilité d'obtention de dérogations).

Actuellement, la France²⁹ et le Canada³⁰ possèdent des règles favorables au développement du marché des drones. En effet, la France a été le premier pays à l'échelle de l'Europe à réglementer l'usage civil du drone en 2012, différenciant les usages possibles selon les caractéristiques des drones : poids, distance parcourable, présence du drone dans le champ de vision de l'opérateur, et type d'équipement. En 2013, le Royaume-Uni a publié des recommandations (*Civil Aviation Authority*, 2012) et a établi une liste de plus de cent entreprises autorisées à faire voler des drones dans son espace aérien. D'autres pays comme la Suède, l'Australie et la Nouvelle-Zélande ont aussi mis en place un cadre d'utilisation. Les règles ne sont pas harmonisées d'un pays à l'autre, les objectifs de sécurité sont encore peu explicites et les mécanismes de contrôle de l'ensemble des risques sont encore à l'étude. La Chine et le Mexique utilisent quant à eux les drones pour des usages commerciaux sans avoir établi de réglementation en encadrant les risques.

Normes et réglementation

La compréhension du cadre normatif et réglementaire est un préalable essentiel à toute étude relative aux systèmes de drones tant leur utilisation future est conditionnée par leur sécurité d'utilisation cadrée par la réglementation qui est applicable à leur définition et à leur utilisation.

Trois considérations sont à prendre en compte pour utiliser des drones, comme l'illustre la Figure 4 :

1. Il faut rendre les drones sûrs (navigabilité) pour qu'ils ne soient pas dangereux pour leurs utilisateurs et pour les tiers survolés (pilier « Norme de navigabilité »).
2. Il faut que leurs télépilotes et leurs opérateurs soient formés de façon à utiliser ces systèmes de façon sûre et conforme aux règles établies (pilier « Licence des équipages »). Il est à noter que les opérations par drones ne nécessitent pas toutes une licence, même si elles nécessitent toutes une formation sérieuse (les exigences doivent rester proportionnées aux risques).
3. Il faut enfin que ces systèmes soient en mesure de respecter les règles de l'air (pilier « Exigences opérationnelles »).

²⁶ *Aviation's fastest growing sector outpaces US regulators*, Oliver Wyman, 2015.

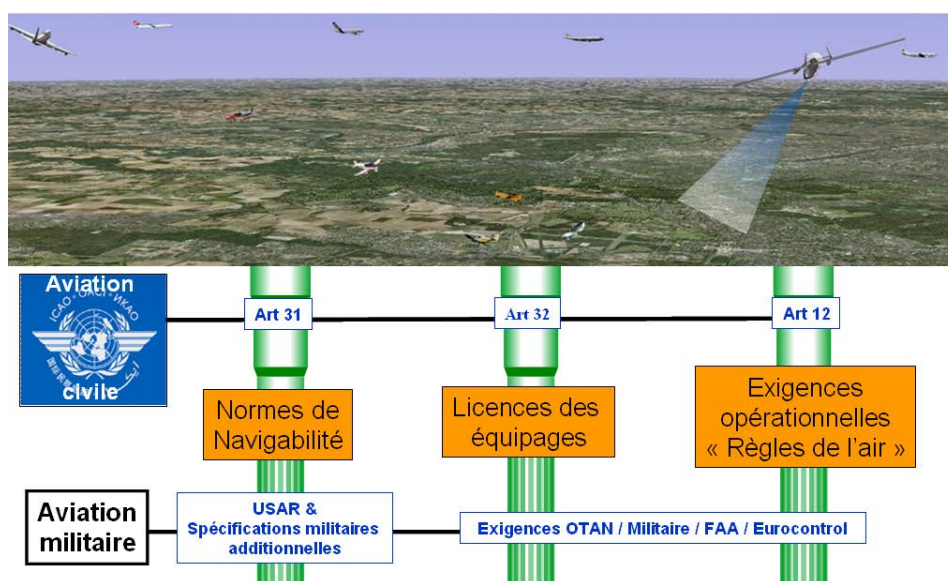
²⁷ *Unmanned Aircraft Systems*, <http://www.faa.gov/uas/>, août 2015.

²⁸ *Press release – DOT and FAA Propose New Rules for Small Unmanned Aircraft Systems*, http://www.faa.gov/news/press_releases/news_story.cfm?newsId=18295, février 2015.

²⁹ *Drones civils : loisirs ? aéromodélisme ? activité professionnelle ?*, http://www.developpement-durable.gouv.fr/Drones-civils-loisir-aeromodelisme_22_janvier_2015

³⁰ *Aviation's fastest growing sector outpaces US regulators*, Oliver Wyman, 2015

Figure 4 - Les trois piliers de l'intégration des drones dans l'espace aérien³¹



La réglementation européenne

La Commission européenne a mené une réflexion sur l'intégration progressive des drones dans l'espace aérien européen à partir de 2016 qui repose notamment sur six aspects principaux :

- assurer la sécurité d'exploitation dans un espace aérien non réservé par un cadre réglementaire ;
- assurer la sécurité d'exploitation dans un espace aérien non réservé par la maîtrise de technologies génériques (commande et contrôle, technologies de détection et d'évitement, sécurisation contre les attaques physiques, électroniques ou informatiques, procédures d'urgence transparentes et harmonisées...) ;
- assurer la sûreté d'exploitations des drones civils ;
- protéger les droits fondamentaux des citoyens ;
- garantir la responsabilité civile et l'assurance ;
- soutenir le développement du marché et les entreprises européennes.

Ainsi, l'Aesa (Agence européenne de la sécurité aérienne) a publié le 12 mars 2015 une feuille de route pour la classification des usages en trois catégories³² (voir Figure 5) :

- **Catégorie A, dite « Catégorie open »**

Pour cette catégorie à risques très faibles du fait de la nature du drone et du type d'utilisation autorisée, aucune approbation de navigabilité n'est prévue et il n'y a pas non plus d'approbations pour les opérateurs ni de formation obligatoire pour les télépilotes. Elle peut concerner les aéronefs de loisir comme des opérations commerciales.

Le vol doit être exécuté à basse hauteur (moins de 150 mètres AGL) en ligne de vue du télépilote (jusqu'à 500 m), en dehors des zones réservées. La masse du drone doit être inférieure à 25 kg, et le recours au *geofencing*³³ est obligatoire. Le contrôle des règles est essentiellement assuré par les autorités de police.

³¹ idem

³² https://www.easa.europa.eu/download/ANPA-translations/205933_EASA_Summary%20of%20the%20ANPA_FR.pdf

³³ Le *geofencing* est réalisé à l'aide d'un dispositif embarqué basé sur des technologies de géolocalisation. Il interdit la pénétration d'un drone dans certaines zones prédéfinies.

- **Catégorie B, dite « Catégorie d'opérations spécifiques »**

Cette catégorie d'opérations spécifiques devrait couvrir les opérations pour lesquelles un certain risque existe, nécessitant d'être réduit au moyen de limitations opérationnelles supplémentaires ou par des équipements et du personnel ayant un plus haut niveau de compétence. À la suite d'une évaluation des risques effectuée par l'exploitant, une autorisation est requise par une autorité (ANA). Les mesures prises pour minimiser ou atténuer les risques sont répertoriées dans un manuel des opérations. La catégorie « spécifique » inclut toutes les opérations qui vont au-delà des restrictions applicables à la catégorie « ouverte ».

- **Catégorie C, dite « Catégorie certifiée »**

Dans cette catégorie, les drones sont traités de la même manière que les aéronefs avec pilote. La délivrance des licences et l'homologation de la maintenance, des opérations, de la formation, de la GTA/SNA et des organisations d'aérodromes est effectuée par l'ANA.

Figure 5 - Catégorisation des opérations par drones proposée par l'Aesa



La réglementation française

Le développement rapide des systèmes de drones en France s'est produit grâce à la réglementation mise en place en avril 2012 par la DGAC. Cette réglementation a permis l'exécution d'un grand nombre de missions dans le cadre de quatre scénarios définis pour limiter le risque d'occurrence de deux événements redoutés, celui de la création de dommages à des tiers ou à des biens au sol et celui de la production d'une collision avec un autre aéronef en vol. La maîtrise de ces risques a conduit la DGAC à imposer des limitations opérationnelles telles que l'interdiction de survol de population ou des contraintes de masse maximale autorisée pour le vol hors vue. Ces limitations ne sont pas gênantes pour les nombreux opérateurs de drones qui pratiquent le vol en vue du pilote et à l'écart des populations, utilisations qui représentent une part de marché significative. Elles doivent cependant être levées pour ouvrir plus largement le champ des applications possibles, notamment pour le vol hors vue de suivi de linéaires qui intéresse la SNCF et RTE.

Définitions et acronymes

La notion de « drone » est à la fois bien connue du grand public et peu précise d'un point de vue de la composition du système et du rôle du télépilote dans son usage. Elle a pourtant la préférence des parlementaires européens et est donc actuellement retenue par l'Aesa pour ses publications.

Un système de drone est composé d'un véhicule aérien (RPA, *Remotely Piloted Aircraft*) et d'une station de commande et de contrôle du vecteur aérien (RPS, *Remote Pilot station*), tous deux reliés par une liaison de données. Le véhicule aérien est piloté depuis la RPS par un télépilote et est exploité par un opérateur.

Un manuel (*Remotely Piloted Aircraft System Manual*) a été publié par l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) en mars 2015. Il précise la terminologie à utiliser pour les drones. Les termes utilisés ici et issus de ce manuel³⁴ permettent de mieux percevoir la nouvelle dimension aéronautique que constituent les drones.

Le véhicule aérien est dit en fonctionnement automatique si le télépilote au sol peut commander le véhicule. Dans ce cas, ce dernier peut néanmoins être en fonctionnement totalement automatique, commandé par son calculateur embarqué.

Le véhicule aérien est dit en fonctionnement autonome s'il opère sans l'intervention d'un télépilote pour la gestion du vol.

Réglementation applicable en France

En France, les règles applicables aux drones comme à tout autre aéronef sont issues des articles de l'OACI³⁵ mentionnés sur les piliers de la Figure 4, ils s'appliquent aux véhicules circulant dans l'espace aérien, c'est-à-dire à tout drone volant en extérieur. Pour les drones volant en intérieur, aucune base réglementaire n'existe aujourd'hui en France, mis à part la législation du travail.

Comme les autres utilisateurs de l'espace aérien, les opérateurs de drones sont tenus de signaler à la DGAC les incidents pouvant survenir lors de l'utilisation de leurs appareils.³⁶ Cette réglementation est aujourd'hui très peu respectée par les opérateurs de drones.

Les objectifs de la DGAC en matière de réglementation peuvent se résumer par les points suivants³⁷ :

- Permettre le développement et la consolidation du premier segment d'activité, celui des drones légers (quelques kilogrammes, pour des missions simples), dans le respect des fondamentaux : assurer la sécurité des personnes et des biens au sol, et celle des autres aéronefs, garantir à l'ensemble des utilisateurs un accès équitable à l'espace aérien et aux infrastructures aéroportuaires ;
- Permettre une évolution maîtrisée et progressive vers des cas de complexité croissante ;
- Favoriser et structurer les travaux de recherche et développement.

Les différents scénarios d'utilisation sont représentés Figure 6 et décrits ci-après.

Les applications actuelles les plus nombreuses se font dans le cadre du scénario **S1** (opération en vue directe du télépilote se déroulant hors zone peuplée, à une distance horizontale maximale de 200 m du télépilote) ou **S2** (opération se déroulant hors zone peuplée, éventuellement hors vue, dans un volume de dimension horizontale maximale de rayon d'un km et de hauteur inférieure à 50 m au-dessus du sol ou des obstacles artificiels, sans aucune personne au sol dans cette zone d'évolution. Une notification préalable est obligatoire pour les aéronefs de moins de 2 kg, la hauteur maximale d'utilisation est de 150 m).

Pour la réalisation d'applications selon le scénario **S3**, le drone doit avoir une masse inférieure à 8 kg et son énergie à l'impact doit être inférieure ou égale à 69 joules. Dans ce scénario, les opérations se déroulent en agglomération ou zone peuplée (périmètre de sécurité obligatoire), en vue directe du télépilote, à une distance horizontale maximale de 100 m du télépilote. Elles nécessitent un manuel d'activités particulières, des autorisations spécifiques et une obligation de formation.

³⁴ Remotely Piloted Aircraft System (RPAS) Manual – (Doc 10 019) – ICAO March 2015, http://www4.icao.int/demo/pdf/rpas/10019_cons_en%20-%20Secured.pdf

³⁵ Les annexes de l'OACI sont applicables à tous les aéronefs, qu'ils volent en IFR ou en VFR. L'annexe 2 « rules of the air » est par exemple un document de référence pour les groupes de travail chargés du Detect&Avoid.

³⁶ *Incidents : notification, analyse et suivi, règlement (UE) 376/2014*, DGAC, septembre 2015.

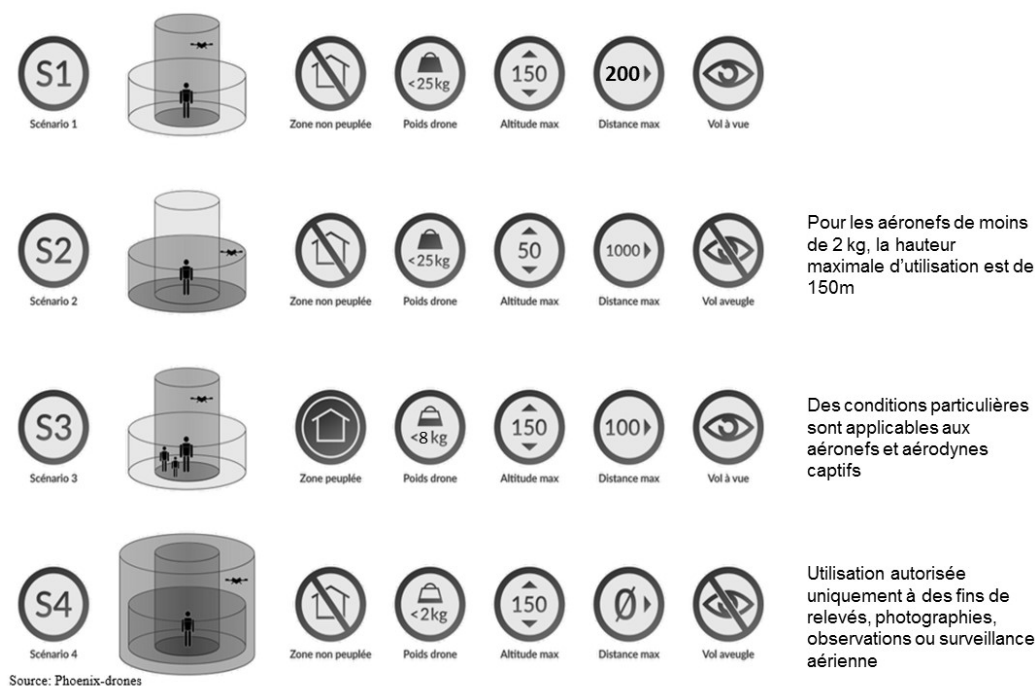
³⁷ *Arrêté du 17 décembre 2015 relatif à la conception des aéronefs civils qui circulent sans personne à bord, aux conditions de leur emploi et aux capacités requises des personnes qui les utilisent*, http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/jo_pdf_frame-conception.pdf ; Les textes en cours de validité sont consultables sur le site de la DGAC. URL : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Quelle-place-pour-les-drones-dans.html>

Des applications d'activités particulières de relevés, de photographies, d'observations et de surveillances aériennes se déroulant hors zone peuplée et ne répondant pas aux critères du scénario S2 sont possibles selon le scénario **S4** : la hauteur de vol est inférieure à 150 m au-dessus du sol ou au-dessus des obstacles artificiels. La complexité de demande d'autorisation de vol est plus importante, car le niveau de sécurité d'utilisation des systèmes dédiés à ce scénario est plus élevé. Pour ce scénario, la masse du véhicule est limitée à 2 kg (en lien avec les conditions de certifications des chocs aviaires sur les avions). Ce scénario est le seul dans lequel on n'établit pas de périmètre de sécurité (mais l'évitement des agglomérations est demandé). Une licence aéronautique complète est exigée en 100 heures d'expérience en tant que commandant de bord.

Notons que cette réglementation résumée sur la Figure 6 est purement française et ne peut être imposée à un pays tiers. Ainsi, un système de drones utilisé en France en scénario 4 ne peut être exporté à un client d'un autre pays en lui garantissant qu'il pourra l'utiliser selon le même scénario dans son pays. En outre, elle ne concerne que les RPA de masse maximale inférieure à 150 kg. La réglementation relative aux RPA de masse supérieure à 150 kg est du ressort de l'Aesa.

Il apparaît donc évident que l'exportation de drones sera d'autant plus facile qu'ils auront été conçus selon des règles harmonisées au niveau européen, voire au niveau mondial. *A contrario*, il faut éviter qu'une réglementation harmonisée n'induisse trop de régressions par rapport à la réglementation française.

Figure 6 - Les différents scénarios d'utilisation selon la réglementation française³⁸



En matière de drones, la DGAC a été pionnière avec un premier jeu de règlements pour la France dès 2012, et l'Europe possède de ce point de vue une longueur d'avance sur les États-Unis. D'après son directeur général, la DGAC s'est attachée à mettre au point une réglementation qualifiée d'évolutive pour s'adapter à la diversité des familles de drones. En effet, la réglementation vaut pour les drones de toutes tailles, ce qui ne rend pas la tâche facile. Avec une activité naissante comme celle-ci l'évolutivité semble représenter la seule solution.

La DGAC a donc développé une approche réglementaire progressive et évolutive, qui a permis un véritable développement du marché. Il est souhaitable que de telles méthodes puissent être développées localement en tenant compte de la réalité des missions, des conditions opérationnelles et des besoins qui peuvent varier d'un pays à l'autre.

Une approche et des travaux internationaux sont à favoriser pour étudier une harmonisation (au minimum européenne) des normes d'intégration dans les espaces fréquentés par les autres aéronefs. La DGAC soutient les travaux de recherche et de réflexion dans ces domaines, et recommande de progresser par étapes successives de

³⁸ Réalisé à partir de données DGAC. Source : www.phoenix-drones.com

complexité croissante. À cet égard, l'intégration dans un espace contrôlé avec des aéronefs coopératifs, et un service de contrôle de la circulation aérienne est sans doute plus simple que l'intégration dans un espace non contrôlé.

Au niveau des catégories d'aéronefs, la réglementation française³⁹ diffère de celle proposée dans la feuille de route de l'Aesa, qui différencie la catégorie « open » (moins de 25 kg) des autres catégories.

Orientation et besoins futurs

Le traitement de certains cas d'usage, ne s'inscrivant pas dans les quatre scénarios prévus par la DGAC, intéresse aujourd'hui de grands opérateurs de réseaux (EDF, SNCF...). Ceux-ci souhaitent tester la mise en œuvre de drones ayant une endurance de plusieurs heures sur des centaines de kilomètres (donc largement hors vue) et volant à très basse altitude, avec une charge utile de cinq kilogrammes pour pouvoir embarquer à la fois des capteurs performants et les équipements de sécurité qui seront requis pour ce type de vol.

Il est clair que pour ces cas d'utilisation, les risques aux tiers en cas de perte de contrôle sont significatifs. Les démonstrations de sécurité garantissant le bon fonctionnement et le traitement adéquat des pannes se doivent donc d'être particulièrement rigoureuses, tout en conservant les précautions d'ordre opérationnel.

Dans le même ordre, les grands entrepreneurs du bâtiment possèdent des contraintes spécifiques afin de pouvoir opérer en agglomération tout en limitant les risques pour les citoyens.

Sur ces différents usages, les acteurs expriment des attentes fortes vers une évolution de la réglementation actuelle permettant plus facilement la mise en place d'expérimentations. Les régulateurs affirment de leur côté qu'il n'est pas question de diminuer le niveau de sécurité pour les tiers, qu'ils soient en vol ou au sol.

La stratégie d'évolution réglementaire de la DGAC, et plus largement de l'Aesa, est de faire évoluer les limitations imposées aujourd'hui en fonction à la fois du type d'utilisation des drones et des avancées technologiques, l'objectif étant de conserver un niveau de risque acceptable pour les personnes et les biens au sol et pour les autres usagers de l'espace aérien.

L'Aesa a proposé une catégorisation des drones en trois types tels que représentés sur la Figure 5.

Comme on le voit, les drones simples auront toujours leur place (« open ») mais avec des limitations en termes de masse (25 kg), des exigences technologiques, et des limitations opérationnelles importantes.

Pour réduire les limitations opérationnelles, le drone devra répondre aux exigences de la catégorie « Specific », exigences qui seront différentes selon l'opération prévue car elles seront liées au niveau de risques induits par cette opération.

Enfin, la plupart des limitations opérationnelles pourront être levées pour des drones de catégorie « certified » au prix d'une certification comparable à celle des avions habités, certification longue, complexe et coûteuse.

Forces et faiblesses perçues du contexte réglementaire français

L'ensemble des recherches documentaires, des entretiens réalisés avec les acteurs et des différents retours obtenus lors de différents salons et conférences ont permis de mettre en avant différents points clés d'analyse concernant les forces et faiblesses de la filière française du drone civil en termes de réglementation.

- **Forces : la mise en place anticipée d'un cadre réglementaire**

Tous soulignent l'aspect structurant qu'a permis la DGAC par la mise en place en 2012 d'un cadre réglementaire par scénario. Ces contraintes réglementaires ont poussé les acteurs à effectuer des développements approfondis, qui aujourd'hui permettent à certains de disposer d'une avance certaine en termes de compétitivité sur les marchés internationaux. Cela ne représente cependant pas la majorité des acteurs.

- **Faiblesses : un contexte réglementaire complexe**

D'un autre côté, de nombreuses faiblesses sont également à souligner, qui pourraient notamment faire l'objet d'évolutions à l'avenir.

³⁹ Conditions d'emploi des aéronefs civils télépilotes, DGAC, 2015.

La réglementation est mise en avant par les acteurs comme limitante dans l'opération des services de drone. Une évolution des scénarios en place est attendue, avec différents scénarios qui pourraient être à l'étude :

- Un scénario « S0 », destiné aux agriculteurs et au BTP, qui autoriserait l'usage de drones légers dans des buts professionnels sans nécessiter de télépilote professionnel dans des environnements particuliers peu risqués ;
- Un scénario « S4+ » pour pouvoir effectuer des vols hors vue avec un drone de moins de 25 kg ;
- Une réglementation spécifique à une catégorie dite de « microdrones », pour des dispositifs de poids inférieurs à 500 grammes. Les problématiques à venir du côté des vols autonomes, préprogrammés et permettant la réalisation d'expertise reproductible risquent également de freiner le développement de certains usages. Ceux-ci posent cependant des problèmes de responsabilité juridique, qui ne sont d'ailleurs pas spécifiques à la France.

Une grande partie des acteurs du drone ne sont initialement pas issus de la filière aéronautique, et ne sont donc pas familiarisés avec les règles d'utilisation des espaces aériens. Pour ceux-ci, la réglementation paraît complexe et parfois inadaptée à leurs besoins. Il leur semble en effet que les vols de drones s'effectuent bien souvent dans des espaces aériens peu utilisés par les aéronefs pilotés. La réglementation des espaces aériens est ainsi perçue comme relativement mal adaptée aux nouveaux cas d'usage associés à l'utilisation de drones. Il existe donc une forte attente en matière de simplification et d'accélération du traitement des procédures réglementaires : un gain d'efficacité dans le traitement des autorisations d'opération représenterait pour les acteurs une réactivité nouvelle qui leur fait défaut aujourd'hui. Finalement, il existe une forte inhomogénéité au sein même du territoire national, entre les différentes préfectures, ce qui vient ajouter une couche de complexité pour les acteurs.

De son côté, la DGAC se doit cependant de mettre en place une réglementation permettant d'assurer la sécurité de tous les utilisateurs de l'espace aérien. Il existe donc une sorte d'incompréhension entre deux mondes :

- d'un côté, certains opérateurs peu familiers avec les principes de l'aviation « traditionnelle », qui souhaiteraient évoluer de la façon la moins restrictive possible dans un espace aérien leur paraissant peu utilisé ;
- de l'autre côté, la DGAC habituée à traiter avec des milieux aéronautiques accoutumés aux différentes réglementations, qui doit à présent faire face à des nouveaux utilisateurs souvent peu formés.

Des compromis sont envisageables des deux côtés. Les utilisateurs doivent accepter de se former à une réglementation leur paraissant complexe ; celle-ci doit être rendue compréhensible au plus grand nombre par la DGAC (à ce sujet, des guides facilitant la compréhension de la réglementation ont été produits).

Focus : Éléments de comparaison vis-à-vis de la réglementation nord-américaine

La réglementation apparaît du point de vue des acteurs comme le facteur limitant et conditionnant le développement des sociétés de la filière. La stratégie des acteurs est conditionnée par les opportunités offertes par les différences de réglementation entre les pays.

Entre l'Amérique du Nord et l'Europe, l'approche réglementaire est complètement différente, ce qui conditionne une structuration différente du marché :

- la logique d'exemptions des États-Unis permet un suivi des usages réels, afin de dimensionner *a posteriori* de futures catégories d'usage (de nombreuses exemptions sont cependant refusées).

En France, la structuration anticipée des scénarios a permis de structurer très tôt le marché, mais est aujourd'hui limitante pour son développement, même si des expérimentations restent possibles. Une politique d'exemption en France nécessiterait des ressources humaines importantes (ce qui est le cas aux États-Unis). Le marché américain offre des surfaces bien plus vastes afin de réaliser des expérimentations. La logique des exemptions permet également un suivi de l'évolution des usages, avec une traçabilité de l'ensemble des demandes effectuées. En France, certains acteurs soulignent que les scénarios ne correspondent pas à leurs besoins. La réglementation française est cependant évolutive, comme le montre l'étude des scénarios S0 et S4+.

Synthèse

Il n'existe pas à l'heure actuelle de règles harmonisées concernant l'utilisation des drones civils, aussi bien au niveau européen que mondial. Comme chaque réglementation a pour conséquence la structuration des marchés nationaux (en termes de catégories d'usages et d'exigences techniques notamment), la diversité réglementaire constitue une difficulté majeure pour l'exportation des drones.

Quelle que soit la zone géographique considérée, l'implémentation de réglementations liées aux drones est récente ; de nombreux pays n'en possèdent pas encore. Là où des réglementations sont en place, la situation n'est cependant pas figée : afin de s'adapter à de nouveaux usages et de s'harmoniser (au niveau européen en particulier), les réglementations continueront d'évoluer.

En France et en Europe, les réglementations s'orientent à présent vers une logique basée sur l'analyse de risques : les limitations sont imposées en fonction du type d'utilisation des drones et des avancées technologiques, l'objectif étant de conserver un niveau de risque acceptable pour les personnes et les biens au sol et pour les autres usagers de l'espace aérien. L'enjeu consiste en effet à ne pas bloquer le développement technologique et les expérimentations qu'il nécessite, tout en conservant un niveau de sécurité suffisant.

LES TECHNOLOGIES CLÉS ASSOCIÉES À LA FILIÈRE

Introduction sur la technique

La terminologie « drone » concerne deux grandes catégories de dispositifs : les aéronefs (plus lourds que l'air) et les aérostats (plus légers que l'air). Les systèmes de drones intègrent trois composantes clés : le dispositif en lui-même, l'analyse et le traitement des données, ainsi que les modes opératoires associés.

Les éléments composant un drone répondent à des fonctions similaires à celles du secteur de l'aviation, avec une cellule qui porte et abrite la charge utile, le(s) moteur(s), des systèmes de bord et de l'énergie pour assurer le fonctionnement du dispositif. La sustentation de l'ensemble est assurée par une voilure fixe ou tournante, définie en fonction de la nature des missions à effectuer : les voilures tournantes permettent des vols stationnaires et une certaine souplesse de manœuvre, tandis que les voilures fixes permettent de parcourir de plus longues distances pour des missions de surveillance ou de recherches notamment. Certains concepts de drones intègrent d'autres typologies de voilure : à ailes battantes (dans une logique de biomimétisme), ou convertibles (intégrant des rotors basculants permettant de disposer d'une voilure fixe ou tournante selon le besoin).

La motorisation du drone dépend également de la mission qui lui est attribuée. Elle est notamment déterminée par la taille du dispositif, sa masse, l'altitude et la durée de son vol. On retrouve ainsi dans le domaine des drones les motorisations utilisées dans l'aviation, avec pour les petits appareils des motorisations électriques. Ces dernières ne bénéficient que d'une endurance limitée, en partie due au poids élevé des batteries. Les motorisations électriques restent fortement soumises à l'évolution des technologies d'accumulateurs, et à plus long terme au développement des piles à combustible qui peuvent permettre d'atteindre des capacités d'autonomies intéressantes. Enfin, les technologies hybrides (batteries couplées à un turbogénérateur) sont également utilisées.

Il est possible de classer les drones selon différents critères : la taille ou la performance (essentiellement la portée, et l'altitude d'opération) ; et éventuellement le type de mission si celui-ci implique une spécificité particulière (utilisation maritime par exemple). Voici les différentes catégories de drones existantes :

- Les drones miniatures :
Cette catégorie recouvre globalement tous les drones dont l'envergure est inférieure à 50 cm, allant jusqu'à quelques centimètres seulement. Les microdrones, dont les dimensions sont inférieures à 15 cm, pèsent environ 50 gr pour une vitesse de croisière de l'ordre de 50 km/h et une autonomie d'une vingtaine de minutes. Ces drones possèdent un rayon d'action d'une dizaine de kilomètres. Avec un coût unitaire de l'ordre du millier d'euros, ces micromachines sont dédiées à la transmission d'images, de jour comme de nuit.
- Les drones de court rayon d'action :
Encore appelés drones TCP (très courte portée), ces drones possèdent un rayon d'action de quelques kilomètres tout au plus. Avec une envergure allant de 0,5 à 2 mètres et une voilure fixe ou tournante, ils ont une faible vitesse (quelques dizaines de km/h) et évitent difficilement les obstacles.
- Les drones tactiques à moyen rayon d'action :
Englobant une plage de vitesse assez large (de 150 à 700 km/h), ces drones représentent la catégorie intermédiaire, avec des performances variées. Possédant une masse qui reste inférieure à la tonne, leur rayon d'action s'étend de 30 à 500 km, avec une altitude de vol comprise entre 200 et 5 000 mètres. Leur endurance est comprise entre 2 et 8 heures, ce qui leur permet d'effectuer des missions de surveillance et de reconnaissance, avec notamment l'utilisation de capteurs optiques (domaines visible et infrarouge).
- Les drones maritimes tactiques :

La spécificité des drones maritimes embarqués vient d'une double contrainte d'utilisation, qui exige une adaptation technique complexe, à savoir de disposer d'une autonomie assez importante (au moins 5 heures) et d'être capable d'apponter par fort vent sur une plateforme étroite, entourée d'obstacles et soumise à des déplacements de grande amplitude, en roulis et tangage par mer agitée.

- Les drones à voilure tournante :
Cette catégorie se distingue par sa forme de sustentation mais recouvre des tailles et des performances de drones très variées.
- Les drones de longue endurance :
Avec des durées de vol comprises entre 12 et 48 heures, on entre ici dans la catégorie des « grands » drones, dont la taille est essentiellement dictée par une charge utile lourde et une quantité élevée de carburant, nécessaire à la mission :
 - Les drones « Male » (Moyenne altitude longue endurance)
L'altitude de vol est comprise entre 5 000 et 12 000 mètres, ce qui permet de parcourir jusqu'à 1 000 km, à des vitesses relativement faibles, de 220 à 360 km/h (induites par des moteurs à pistons ou des turbopropulseurs). La masse peut cette fois atteindre 3,5 tonnes, et l'envergure est généralement comprise entre 10 et 20 mètres,
 - Les drones « Hale » (Haute altitude longue endurance)
On atteint dans cette catégorie les dimensions d'un avion civil (Airbus A320 par exemple) pour des autonomies de plusieurs milliers de kilomètres (10 000 km et plus) parcourues en volant largement au-dessus des trafics aériens courants, tant civils que militaires (jusqu'à 20 000 m d'altitude). Les moteurs sont cette fois des turboréacteurs.
La masse au décollage des drones Hale peut largement dépasser les 10 tonnes, dont quelque 10 % pour la charge utile.
Toutes les informations recueillies par les capteurs sont transmises par satellite au centre d'opérations. Leur densité requiert en général de gigantesques capacités de transmission, et donc le support d'un important segment spatial.
- Les drones de combat, ou UCAV (*unmanned combat aerial vehicle*) :
Il s'agit bien sûr des drones à vocation offensive, dont la charge utile comprend des armements - le plus souvent des missiles afin d'effectuer des missions d'attaque au sol, voire à plus long terme de défense aérienne et de police du ciel.

Systeme de bord et charge utile

Les systèmes de bord permettent d'assurer le pilotage et la navigation des drones. Ils peuvent fonctionner en parfaite autonomie ou répondre aux ordres de télépilotage en provenance de l'opérateur chargé de conduire la mission. Le système de conduite du vol permet d'asservir différents équipements entre eux : des capteurs, des calculateurs (pour le pilotage et la navigation), des dispositifs de stockage des données et des actionneurs. L'ensemble de la chaîne du système de conduite est comparable à un pilote automatique sur avion couplé à un système de navigation de type FMS (*flight management system*) se référant à des données de localisation GPS (*Global Positioning System*).

La charge utile de son côté constitue l'un des éléments fondamentaux du système drone. Elle permet de réaliser la mission en adéquation avec le vecteur aérien. Constituée d'un ensemble d'équipements, elle peut assurer deux fonctions essentielles :

- l'acquisition des données par des capteurs électro-optiques ou électromagnétiques ;
- un traitement à bord des données *via* des calculateurs dédiés afin de les rendre directement exploitables (mise en format spécifique, restitution d'images pour interprétation, fusion/compression) ou une sélection des informations « utiles » à transmettre (pré-analyse des données *via* des processeurs).

Un générateur est chargé de produire l'énergie électrique nécessaire au fonctionnement de l'ensemble des équipements embarqués. Cette énergie est obtenue par transformation de l'énergie mécanique prélevée sur la

partie tournante du moteur. Certaines charges utiles requièrent une grande quantité d'énergie, ce qui paramètre notamment le dimensionnement du drone pour sa mission. Dans certains cas, une unité de puissance auxiliaire (APU pour Auxiliary Power Unit) peut être nécessaire.

Enfin, un système de transmission de données entre le drone et le sol permet d'acheminer les ordres venant du sol en temps réel et les informations envoyées par le drone (éventuellement en différé). La télécommunication peut être établie en portée optique (courtes distances jusqu'à 150 km), ou alors via un relais de communication (satellite ou autre). Dans les deux cas, les données transmises ont une densité qui nécessite de grands débits de transmission (cela représente notamment un facteur limitant pour des applications en imagerie haute définition). D'autres dispositifs comme la transmission par laser sont en réflexion prospective.

Afin de donner au drone un certain degré d'autonomie, une intelligence embarquée est nécessaire pour le pilotage et la réalisation de la mission. Grâce à des calculateurs dédiés asservis au système de conduite de vol et à la charge utile, et en connexion avec les bases de données spécifiques auxquelles sont comparées les informations acquises par le drone, ces logiciels assurent l'automatisation du drone via des algorithmes rapides et stables.

Différentes caractéristiques pour différents usages

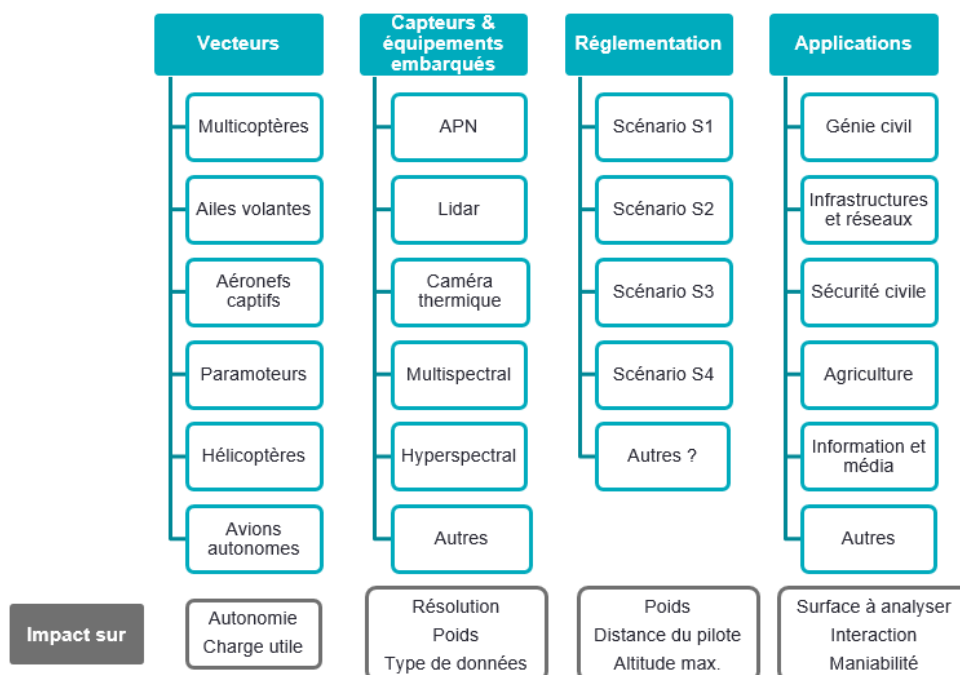
Les dispositifs de drone englobent donc un panel d'appareils très hétérogènes sur différents aspects :

- taille : de quelques centimètres à plusieurs dizaines de mètres,
- poids : de quelques dizaines de grammes à plus d'une dizaine de tonnes,
- altitude de vol : de 0 à 20 000 mètres,
- vitesse : de 0 à 150 km/h,
- rayon d'action : de quelques centaines de mètres à plus de 10 000 km.

Ces différentes caractéristiques impliquent bien évidemment des coûts de natures très différentes. La plateforme (cellule et motorisation) ne représente généralement que 15 à 25 % du coût du système complet. Les parties les plus onéreuses sont généralement la charge utile, les systèmes embarqués, et les stations au sol.

L'utilisation des drones pour les applications civiles implique ainsi un large choix de possibilités quant à la configuration du système drone à utiliser. Cette configuration va être déterminée à la confluence de l'application souhaitée, de la réglementation associée et des possibilités technologiques, tout en considérant le prix acceptable de l'ensemble du point de vue du marché.

Figure 7 - Les différentes composantes pour la configuration d'un système drone⁴⁰



⁴⁰ Source : Tech2Market.

Les avancées sur les différentes briques technologiques intégrées dans les systèmes de drones vont influencer considérablement le développement de ces derniers. La première limite technologique est celle de l'endurance des drones, essentiellement liée aux batteries, mais également associée au poids de l'ensemble, qui peut être réduit par la miniaturisation progressive des différents composants.

Le cabinet d'étude Olivier Wyman nous propose une vision de la maturité des différentes briques technologiques d'intérêt pour les systèmes drones :

Figure 8 - Maturité des briques technologiques associées aux systèmes de drone⁴¹



Source: Oliver Wyman

Bien évidemment, l'amélioration de l'autonomie des dispositifs ainsi que de l'automatisation de ces derniers représente les points clés de développement pour les systèmes de drone. Cependant, d'autres contraintes techniques sont à prendre en compte pour le développement des applications des systèmes de drones :

- La transmission des données :
Il s'agit là d'un aspect extrêmement contraignant en termes de fréquences, de débits, de portées, de résistance aux perturbations radioélectriques et au brouillage. Il est ainsi très important de garantir la fiabilité des stations au sol et des liaisons avec les vecteurs.
- La motorisation :
Principale source actuelle de panne, l'amélioration des motorisations doit permettre de répondre aux exigences en termes d'endurance, de fiabilité, de discrétion et de coût. Il est également nécessaire de se conformer aux règles de maintenance très strictes, pouvant aussi être soumises à des normes d'homologation par les autorités.
- La réactivité du système et la place de l'homme dans la conduite de la mission :
L'architecture du système doit permettre un compromis optimisé entre l'intelligence embarquée, les aides à la décision déportée et l'action de l'opérateur.
- La gestion des pannes en vol :
Cela implique également un compromis entre coût et complexité du système (donc masse et volume).
- La maintenance et le stockage :
Ils devront faire l'objet d'une politique spécifique et soumise à surveillance, qui devra être prise en compte dès la conception du système.
- L'entraînement et le maintien en condition des opérateurs :
Le système drone permet l'utilisation intensive de la simulation, mais en entraînement réel, les équipes sur le terrain sont indispensables, notamment pour valider l'état opérationnel et l'efficacité des systèmes.
- Les technologies d'identification des drones en vol (signalements électroniques et lumineux) :
En France, la proposition de loi du 25 mars 2016⁴² relative au renforcement de la sécurité de l'usage des drones civils vise à rendre obligatoire un signalement électronique et lumineux des drones, à partir d'un

⁴¹ Aviation's fastest growing sector outpaces US regulators, Oliver Wyman, 2015.

certain seuil de masse. Le but est d'identifier rapidement les drones coopératifs et de limiter les risques de méprise. Cette proposition de loi vise également à définir le champ d'application de l'immatriculation et de l'enregistrement des drones. Au niveau européen, un projet de résolution du parlement⁴³ propose que les drones soient équipés de puces d'identification et soient enregistrés afin de garantir la traçabilité, la responsabilisation et l'application des règles.

- Les technologies de limitation des performances :
En France, la proposition de loi relative au renforcement de la sécurité de l'usage de drones civils préconise d'imposer l'emport de dispositifs de limitation des performances à partir de 2018⁴⁴. Le *geofencing* est par exemple réalisé à l'aide d'un dispositif embarqué basé sur des technologies de géolocalisation. Il interdit la pénétration d'un drone dans certaines zones prédéfinies. En Europe, l'Aesa impose l'emport de dispositifs de *geofencing* pour les appareils de catégorie A⁴⁵.

Évolutions technologiques et tendances

L'évolution de l'usage des drones dans les applications civiles est fortement dépendante de la réglementation, en comparaison des évolutions technologiques dépendantes d'autres secteurs d'activité (électronique grand public, militaire, robotique, aéronautique...) et qui profiteront aux drones civils. De nombreuses applications sont à venir avec l'avènement des technologies miniaturisées (capteurs et autres systèmes embarqués), des technologies et systèmes de communication, et des méthodes et capacités de traitement numérique qui évoluent rapidement. Les objets connectés, l'impression 3D et les nouvelles solutions de communications sont autant de voies de développement pour les drones.

En matière de R & D, les sujets de recherche actuels concernent les sujets suivants :

- outils et logiciels pour le traitement d'images et de données (traitement automatisé, gestion des flux, qualité de l'information) ;
- endurance, fiabilité et capacité d'emport du vecteur ;
- technologie de détection et de changement de trajectoire afin d'éviter les obstacles et les autres aéronefs (*Detect/Avoid*) ;
- automatisation effective du pilotage ;
- fiabilité du lien contrôle commande et fréquences ;
- gestion de l'espace aérien...

Les cycles d'innovation des systèmes de drones sont de l'ordre de quatre mois, avec des freins à la fois sociétaux et technologiques pour assurer la sécurité. Dans une vision prospective, les systèmes de drones peuvent évoluer dans différentes voies afin d'en démocratiser toujours plus l'usage :

- Développement de perchoirs à drone, installés sur les toits d'immeubles, avec stationnement et recharge des batteries (Société Skysense) ;
- Utilisation de drones pour le transport de fret et de personnes (projet PPlane de l'Onéra) ;
- Liens étroits avec la robotique (vols en essaim dans un objectif de démultiplication des tâches réalisées) ;
- Technologies anti-drones malveillants :
Face à la menace grandissante d'espionnage associée à l'utilisation de drones, le développement de systèmes anti-drones est en plein développement. La détection est le plus souvent effectuée à l'aide de technologies radars ou sonores. La neutralisation est généralement réalisée grâce au brouillage des communications (entre le drone et son pilote, ou du signal GPS). D'autres technologies utilisent des lasers détruisant l'engin ou des dispositifs de capture (filets).

⁴² <https://www.senat.fr/leg/pp15-504.html>

⁴³ Rapport sur l'utilisation sûre des systèmes d'aéronefs télépilotes (RPAS), plus connus sous le nom de véhicules aériens sans pilote (UAV), dans le domaine de l'aviation civile, <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+REPORT+A8-2015-0261+0+DOC+XML+V0//FR&language=fr> (2014/2243(INI))

⁴⁴ https://www.senat.fr/espace_presse/actualites/201605/renforcer_la_securite_de_lusage_des_drones_civils.html

⁴⁵ https://www.easa.europa.eu/download/ANPA-translations/205933_EASA_Summary%20of%20the%20ANPA_FR.pdf

Les exigences de sécurité et de fiabilité

Il convient d'agir sur deux thèmes afin de limiter les risques de création de dommages à des tiers ou à des biens au sol, et de production d'une collision avec un autre aéronef en vol. D'une part, la conception du système de drones doit le rendre robuste à la défaillance de l'un ou de plusieurs de ses composants (dimension « navigabilité ») et d'autre part, il faut donner la possibilité pour le drone de respecter les règles de l'air, c'est-à-dire de détecter et d'éviter les autres trafics (dimension « exigences opérationnelles »).

La compétitivité de l'offre française en matière de systèmes de drones va donc dépendre fortement de la capacité des systèmes proposés à satisfaire les exigences de sécurité qui vont être mises en place pour limiter les risques induits par leur utilisation.

L'analyse porte sur les aspects technologiques relatifs à la sécurité d'utilisation des drones. Elle a pour objectif de faire un point sur les exigences qui vont être mises en place par l'Aesa pour garantir un usage sûr des drones avec, en parallèle, un point sur les réponses technologiques possibles à ces exigences.

Réponses technologiques aux exigences réglementaires

Navigabilité

Logiciels

Actuellement, il n'existe pas en France ou en Europe de moyen de valider les logiciels utilisés dans les drones autre que le respect des normes DO-178C et ED12-C⁴⁶. Il n'est cependant pas obligatoire pour les constructeurs de drones de les respecter. Les constructeurs n'ont donc aucune obligation quant au développement des logiciels qu'ils implémentent dans leurs drones et les opérateurs ne sont pas contraints à vérifier, lorsqu'ils achètent un drone, que le logiciel a été correctement conçu et est exempt de *bugs*.

Les normes citées ci-dessus précisent notamment les contraintes de développement liées à l'obtention de la certification d'un logiciel d'avionique. Elles permettent de définir un DAL (*Development Assurance Level*) avec cinq niveaux de criticité (de A à E) définis comme suit :

- Niveau A : un défaut du système ou sous-système étudié peut provoquer un problème catastrophique - sécurité du vol ou atterrissage compromis - crash de l'avion ;
- Niveau B : un défaut du système ou sous-système étudié peut provoquer un problème majeur entraînant des dégâts sérieux voire la mort de quelques occupants ;
- Niveau C : un défaut du système ou sous-système étudié peut provoquer un problème sérieux entraînant un dysfonctionnement des équipements vitaux de l'appareil ;
- Niveau D : Un défaut du système ou sous-système étudié peut provoquer un problème mineur sans effet sur la sécurité du vol ;
- Niveau E : un défaut du système ou sous-système étudié peut provoquer un problème sans effet sur la sécurité du vol.

Ces niveaux sont établis par des études dites de « sûreté de fonctionnement », elles s'attachent en fait à la sécurité de fonctionnement, au sens aéronautique du terme (la sûreté étant la robustesse aux agressions volontaires).

Ces études déterminent alors le niveau DAL pour le matériel et le logiciel.

Ce processus de validation appliqué aux gros avions est long et lourd avec des objectifs à atteindre complexes et un nombre de documents à fournir élevé⁴⁷. Il n'est donc pas appliqué par les constructeurs de drones aujourd'hui. Il sera cependant vraisemblablement nécessaire pour la catégorie « Certified » de l'Aesa tandis qu'il apparaît trop lourd et coûteux pour les drones de la catégorie « Specific ».

Pour cette dernière catégorie, SESAR⁴⁸ a prévu de lancer un appel d'offres afin de définir un logiciel qui testera les autopilotes de drones en les soumettant à un certain nombre de sollicitations/missions/défaillances. Les autopilotes qui réussiraient ces tests recevraient alors un agrément (avec divers « grades » selon la qualité de leur succès) à valeur européenne pour attester de leur définition correcte et de leur robustesse à la défaillance. Il est

⁴⁶ Normes relatives à la certification des logiciels embarqués

⁴⁷ <https://fr.wikipedia.org/wiki/DO-178>

⁴⁸ Single Sky ATM Research : volet technologique de la construction du Ciel unique européen. SESAR a pour objectif la modernisation du système de gestion du trafic aérien européen.

vraisemblable que l'obtention de cet agrément devienne obligatoire à terme pour des drones aptes à des missions commerciales opérationnelles des catégories « Open » et « Specific ».

Matériel

- RPA – Le vecteur aérien

Comme pour le logiciel, il existe des normes applicables pour le développement de la structure aéropulsive des avions, normes qui permettent de garantir que le nombre de défaillance conduisant à un crash est d'un niveau acceptable.

Pour les drones, ce niveau acceptable n'est pas encore défini et, en conséquence, la façon de respecter les normes utilisées pour les avions avec pilote à bord reste à préciser.

Certains constructeurs commencent cependant à se pencher sur les normes DO-178 pour le S4 et S4+.

Il est vraisemblable que le niveau de sécurité requis pour les drones de la catégorie « Certified » sera du même ordre de grandeur que celui des avions pilotés à bord car, même si l'absence d'humains à bord réduit le risque de mort humaine lors d'un crash, le survol de population induit un risque de mort humaine au sol (le *Detect&Avoid* est traité dans la partie « Opérations »).

Pour les drones de la catégorie « Specific », il va vraisemblablement falloir, à l'instar de ce qui est prévu pour le logiciel, définir une méthodologie de validation d'architecture aéropulsive avec des limitations opérationnelles qui seront fonction de l'agrément obtenu (avec divers « grades »).

- RPS – La station de télépilotage

La station de télépilotage est un élément essentiel du système de drone pour en garantir une utilisation en toute sécurité. En effet, cette sécurité est fortement dépendante de l'action du télépilote, celle-ci étant liée à la qualité de la perception par le télépilote de l'environnement dans lequel évolue son RPA et de sa perception de son « état de santé ».

La conception des RPS n'a pas fait l'objet de beaucoup d'attention pour tous les usages de drone en vue, elle prend beaucoup d'importance pour le vol hors vue (développement de « health monitoring systems » et d'interfaces télépilote/système ergonomique).

Le lien contrôle/commande est aussi un des éléments critiques à étudier et sécuriser. Le sujet des fréquences sera essentiel aussi pour le développement de la filière.

Opérations

- Système « Detect and Avoid » (D&A) à bord

La définition d'un système « D&A » embarquable à bord d'un petit drone est un défi actuellement à relever.

En effet, de nombreux avions que le drone doit éviter sont « non coopératifs », c'est-à-dire qu'ils n'émettent aucun signal. Par ailleurs, ces avions ne sont pas équipés de système de réception de signal qui pourrait être émis par un drone pour être plus facilement détecté.

Ce serait donc au drone, indétectable par le pilote d'un avion du fait de sa petite taille, d'éviter les autres trafics. Il faudrait en conséquence concevoir un système D&A de faibles masses et volumes, consommant peu d'énergie, avec des capteurs coopératifs et non coopératifs robustes à la contamination par les conditions météorologiques et par les impacts d'insectes particulièrement présents à basse altitude.

La situation actuelle est qu'il n'y a pas de système disponible sur étagère pour éviter les autres trafics. Le seul système défini en Europe avec un processus « relativement » standardisé est MIDCAS (*Mid-air Collision Avoidance System*), système à l'état de démonstrateur d'une masse incompatible avec une utilisation sur petit drone. Cependant, la technologie progresse vite pour les évitements d'obstacles, et plusieurs sociétés travaillent sur des systèmes de D&A pour petits drones.

- Système « Detect and Avoid » et de gestion de trafic à basse altitude

Comme indiqué ci-dessus, la définition d'un système D&A embarqué dans un petit drone est un véritable challenge.

Une solution alternative existe, celle de déporter au sol la fonction de détection de trafic et soit d'envoyer cette information au pilote pour qu'il prenne conscience de la situation et évite l'intrus (notion de *Ground Based D&A System*), soit d'envoyer cette information à un « gestionnaire » d'espace aérien basse couche pour qu'il donne au télépilote ou au drone les instructions nécessaires à l'évitement de l'intrus. L'organisation de cette gestion de l'espace aérien basse altitude reste à définir. D'un point de vue fonctionnel, le système pourrait être automatique et fournir simplement au télépilote ou au drone une alarme avec indication de la conduite à tenir en cas de risque de conflit avec un autre aéronef.

Ce type de système est étudié dans le cadre du projet LLRTM, labellisé par le pôle SAFE et réalisé avec une participation DGAC. Notons que GeoPost, du groupe La Poste, est partenaire du projet.

- Pilote automatique de drones (RAVT : *RPAS Autopilot Validation Tool*)

L'organisme UVS International a créé en 2015 un groupe de travail portant sur un pilote automatique de drone⁴⁹. Le but est d'évaluer les capacités des pilotes automatiques, ainsi que la stabilité et la maturité de leur logiciel. Cela permettra d'obtenir une indication du « niveau de sécurité » de tels dispositifs. La mise au point de l'algorithme utilisé pour l'évaluation du pilote automatique sera financée par SESAR (*Single European Sky ATM Research*) en début d'année 2016. Ce projet constitue un premier pas vers une norme de sécurité concernant les pilotes automatiques de drones.

Le groupe de travail RAVT (*RPAS autopilot validation Tool*) est composé de 18 sociétés provenant de 12 pays (Belgique, Canada, Chine, Finlande, France, Allemagne, Lettonie, Pays-Bas, Espagne, Suède, Suisse et Royaume-Uni).

- Cas particulier des usages « indoor »

Comme indiqué précédemment, aucune base réglementaire n'existe aujourd'hui en France pour cadrer l'utilisation des drones en intérieur. Cependant, un grand nombre de mesures communautaires dans le domaine de la sécurité et de la santé au travail ont été adoptées sur la base de l'article 153 du traité sur le fonctionnement de l'Union européenne. Les directives européennes sont juridiquement contraignantes et doivent être transposées dans le droit national par les États membres, elles fixent des normes minimales et des principes fondamentaux, comme le principe de prévention et d'évaluation des risques, ainsi que les responsabilités des employeurs et des salariés. Il y a donc fort à parier que l'utilisation professionnelle de drone en intérieur soit cadrée d'ici quelques mois ou années par des règles de définition du drone et de son utilisation qui minimiseront les risques qu'ils induisent vis-à-vis de leur utilisateur et des personnes dans leur entourage. Ces règles seraient indépendantes de celles édictées par les autorités de l'aviation civile. Des mesures sont déjà prises par certaines entreprises en fonction du retour d'expérience, comme celle du port obligatoire de lunettes de protection pour le télépilote. Cette mesure a été prise par l'entreprise en question après une collision d'un drone dans un mur avec éjection de nombreux débris de pales heureusement sans blessure pour le télépilote.

Pour ces drones, la filière française peut notamment proposer des drones sûrs et des dispositifs d'évitement d'obstacles matériel ou humain.

Synthèse

Au-delà des technologies répondant directement au type de services rendus par les drones (charges utiles, logiciels de traitements de données, etc.), d'autres développements sont impliqués par les exigences réglementaires de sécurité et de fiabilité.

Les drones doivent donc être conçus de façon robuste vis-à-vis des défaillances de composants (dimension « navigabilité »), mais aussi de manière à pouvoir détecter et éviter les autres trafics « exigences opérationnelles ».

La compétitivité de l'offre française en matière de systèmes de drones dépend donc fortement de la capacité des systèmes proposés à satisfaire les exigences de sécurité qui vont être mises en place pour limiter les risques induits par leur utilisation.

⁴⁹ *RPAS Autopilot Validation Tool (RAVT) Initiative*, suasnews.com, 04/09/2015

CHAÎNE DE VALEUR ET ACTEURS DE LA FILIÈRE

Acteurs

Comme les drones civils sont sujets à des utilisations diverses et variées, les acteurs du secteur sont nombreux et de plusieurs types :

- Les donneurs d'ordres
- Les utilisateurs des données
- Les fabricants :
 - de drones
 - de capteurs et chaînes de mesure
 - de systèmes de drones, qui assemblent le drone avec la chaîne de capture/mesure et tous les équipements permettant sa mise en œuvre à distance
 - d'équipements destinés à l'identification et à la limitation des performances des drones en vol, de systèmes de détection et de neutralisation voire de destruction de drones malveillants
- Les opérateurs :
 - responsables des opérations du drone, en conformité avec l'ensemble des règles de sécurité
 - les télépilotes, dont le savoir-faire qualifié autorise la mise en œuvre du drone
 - les opérateurs de l'équipement embarqué
- Les prestataires de services :
 - organismes traitant les données acquises
 - gestionnaires des données traitées, qui les transforment en produit ou service commercialisable auprès de l'utilisateur ou du donneur d'ordres
 - organismes assurant les télécommunications, la navigation et la surveillance
 - organismes fournissant des outils d'information sur la circulation aérienne
 - organismes effectuant le contrôle de la circulation aérienne
 - organismes fournissant des données météorologiques
 - organismes formant les télépilotes
- Les assureurs

L'efficacité du drone dépendant de la parfaite adéquation entre le vecteur aérien, sa charge utile et son utilisation, l'industrie du drone devra à terme clarifier le positionnement de ses acteurs. La démocratisation des usages de drones devrait répondre à plusieurs défis :

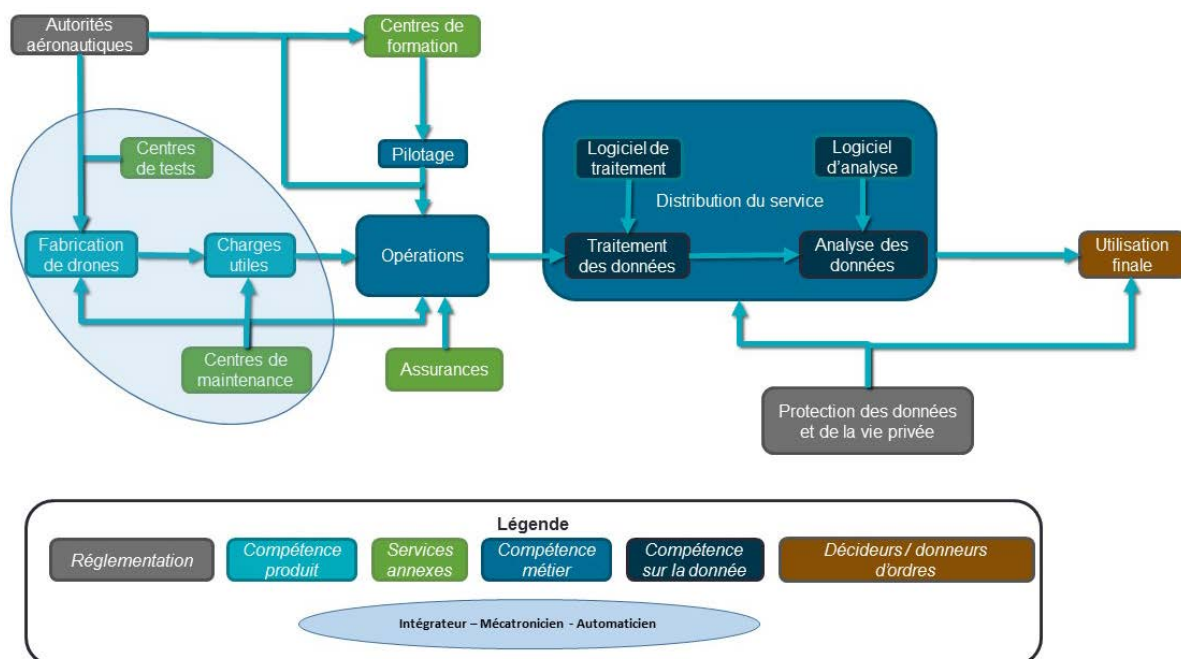
- La production de drones est une industrie à relativement forte intensité de capital, avec des budgets beaucoup plus limités que l'industrie aéronautique classique ;
- Les systèmes de drones requièrent des compétences spécifiques en ingénierie des systèmes, en intelligence artificielle et en robotique. Les futures plateformes dédiées devront ainsi acquérir ces compétences afin de fournir l'effort de R & D nécessaire au développement de nouveaux dispositifs ;
- Les systèmes de drones représentent l'archétype de l'innovation modulaire : leur valeur ajoutée vient, entre autres, de la possibilité d'ajouter à souhait des modules et composants différents selon les usages ;
- L'adoption d'un standard commun et ouvert d'architecture pourrait permettre une interopérabilité des modules et des composants, permettant alors un meilleur développement de la filière.

Chaîne de valeur de la filière drones

Plusieurs éléments sont à considérer lors de l'analyse de la chaîne de valeur de la filière du drone civil :

- la donnée à capturer ;
- le capteur ;
- la chaîne de mesure ;
- le système de drone qui porte tout ou partie de cette chaîne capture/mesure ;
- la mise en œuvre du capteur de manière adaptée à la mesure recherchée ;
- la mise en œuvre du drone de manière à positionner le capteur de manière adaptée à la mesure recherchée ;
- la chaîne de traitement de l'information ;
- la donnée traitée, prête à son utilisation finale ;
- les services nécessaires à l'accomplissement de la mission.

Figure 9 - Chaîne de valeur de la filière drones (séquencement des opérations vers la délivrance du service)⁵⁰



L'organisation future de la chaîne de valeur pourra suivre plusieurs tendances, notamment associées à la concentration des acteurs :

- verticalisation de l'offre des fabricants afin d'apporter de la valeur ajoutée à leur technologie : vecteur, charge utile, acquisition de données, formation... ;
- offre axée sur un produit série avec un développement très rapide à l'export pour vendre à des opérateurs en masse ;
- acquisition de dispositifs standards par les utilisateurs finaux qui vont personnaliser les appareils en fonction des besoins ;
- spécialisation des offreurs de briques technologiques (logiciels, MEMS...) ;
- système de services dans lequel l'entreprise de systèmes de drones se charge du déploiement de l'appareil jusqu'à la remise des données analysées.

⁵⁰ Source : Tech2Market.

Paysage industriel

On retrouve dans la filière drones les différents métiers qui participent à la construction des avions (avionneurs, motoristes, systémiers et équipementiers). Toutefois, l'industrialisation des drones n'étant pas encore bien structurée, la délimitation du rôle de chacun n'est pas clairement définie, et certains acteurs portent ainsi différentes casquettes. En France, les fabricants de drones sont majoritairement de petites et moyennes entreprises, fragiles et aux ressources très limitées⁵¹. Cependant, de grandes multinationales comme Airbus, Thalès et Sagem font leur entrée sur ce marché, tout comme les groupes de défense américains et israéliens, qui se positionnent désormais également sur le marché civil⁵². La tendance à la concentration du marché est réelle et s'appuie sur un petit nombre d'acteurs (constructeurs et opérateurs) : à titre d'exemple, on peut citer le rapprochement en septembre 2015 de Delta drone et Fly-n-Sense, qui permettra aux deux entreprises de mutualiser le coût de la R & D des systèmes de drones et d'offrir une gamme complète de solutions.

Il existe en France un tissu industriel et un vrai savoir-faire dans le domaine. La filière a cependant besoin d'un pouvoir fédérateur de représentation de ses intérêts à l'international. C'est le rôle que commence à jouer la Fédération professionnelle du drone civil (FPDC), créée en 2013 par quatre industriels (constructeurs et opérateurs) de drones civils (Delair-tech, Infotron, RedBird et Azurdrones).

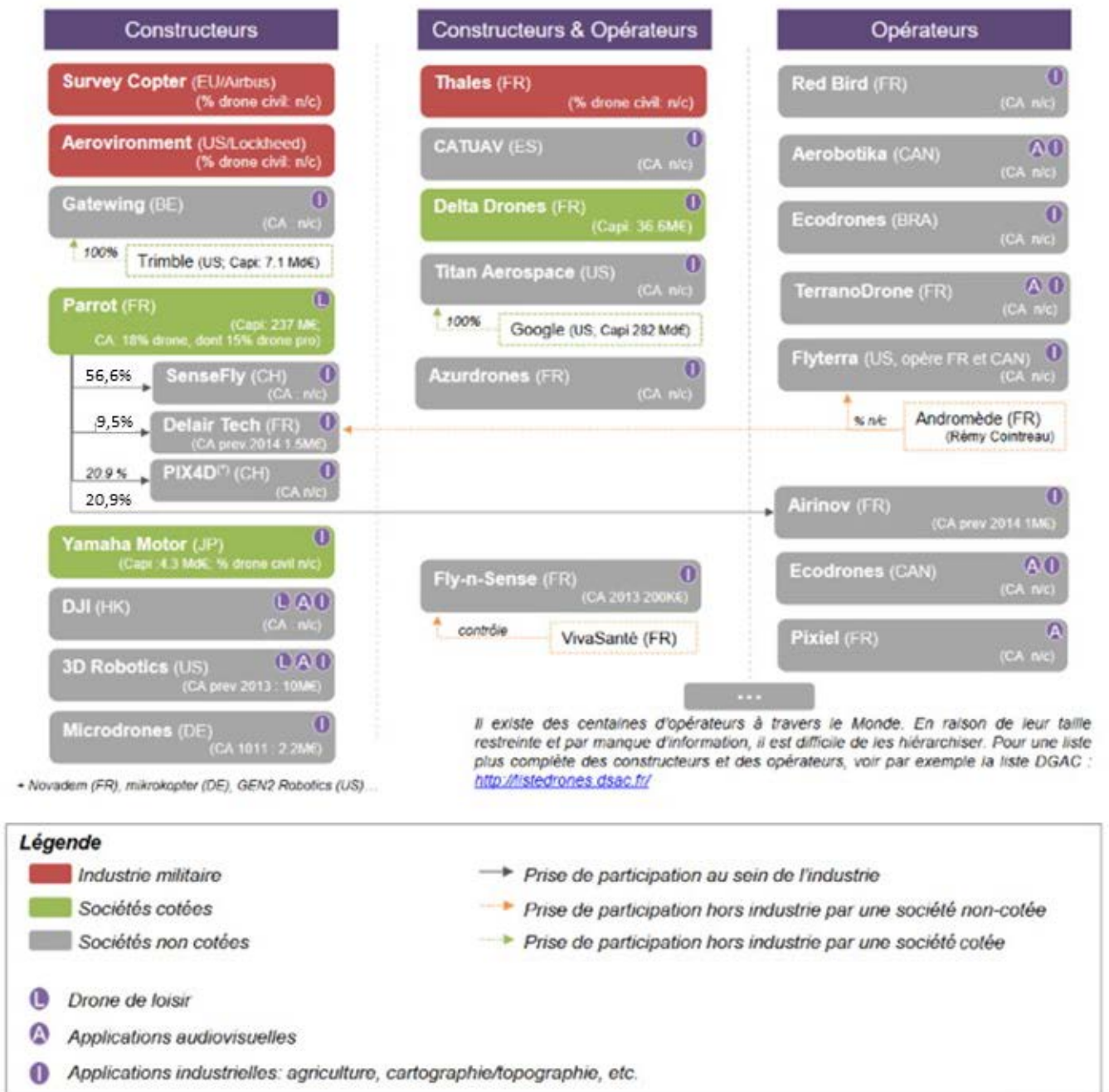
La Figure 10 donne une vue d'ensemble du paysage industriel mondial. Comme en France, le paysage industriel est encore peu mature, ce qui rend difficile l'identification d'opportunités d'investissement. Peu de sociétés sont donc cotées. La tendance est également à la consolidation : les petites structures peuvent faire l'objet de prises de participation d'origines variées :

- Hors industrie par une société non cotée (exemple : Andromède/Flyterra)
- Hors industrie par une société cotée (exemple : Google/Titan Aerospace)
- Au sein de l'industrie (exemple : Parrot/SenseFly).

⁵¹ *Les drones civils professionnels*, En Toute Sécurité & FPDC, 2015.

⁵² *Defense firms find commercial foothold*, InsideUnmannedSystems, september 2015.

Figure 10 - Paysage industriel mondial des principaux acteurs du drone, en 2014⁵³



Source : Mirova, Redbird

⁵³ Sources : Game of drones: quelle place pour le développement durable dans les applications civiles ?, d'après Mirova et Redbird, 2014 ; Communiqué de presse Parrot, 27/02/2014, <https://corporate.parrot.com/fr/communiquésdepresse/communiqués2014/nouvellesavancesdanslesdronescivilsprofessionnels>

VISION PROSPECTIVE À L'HORIZON 2030

L'analyse effectuée jusqu'ici permet de dessiner trois scénarios prospectifs à l'horizon 2030.

Les scénarios explicités ci-dessous doivent être interprétés comme une vision prospective du développement de la filière du drone civil. Ceux-ci doivent être traduits comme des modalités différentes, complémentaires et co-existantes du développement des intentions stratégiques de l'industrie française du drone civil.

- Scénario 1 : systèmes de drones potentiellement de longue endurance certifiés pour une intégration dans le trafic aérien et le survol prolongé de populations.
- Scénario 2 : systèmes de drones à fiabilité élevée pour des applications spécifiques.
- Scénario 3 : systèmes de drones à diffusion large pour un usage professionnel de masse.

Scénario 1 : systèmes de drones potentiellement de longue endurance certifiés pour une intégration dans le trafic aérien et le survol prolongé de populations

L'élaboration de ce scénario se base sur le constat qu'à l'heure actuelle, il n'existe pas en Europe de drone de grande endurance capable d'effectuer des missions de surveillance civile semblables à celles pouvant être effectuées par un drone de type *Predator* (système américain).

Une solution envisagée par les acteurs de la filière concerne le développement d'un système de masse faible (environ 25 kg) et capable de voler 20 heures à une altitude de 10 000 pieds (environ 3 000 mètres). Ce type d'appareil présenterait alors un coût très inférieur aux drones de surveillance militaires actuellement commercialisés.

Les applications de ce type seraient avant tout des opérations de surveillance nécessitant des évolutions à haute altitude, en utilisation complémentaire d'autres outils de surveillance comme les satellites (surveillance des frontières, lutte contre la pêche illégale, observation de grandes exploitations agricoles).

En raison de la haute altitude d'opération, les capteurs employés se doivent de disposer de performances élevées. Les fabricants de capteurs français auraient alors l'opportunité de s'investir sur le développement de ces briques technologiques manquantes dédiées à l'emport sur un drone de faible masse (besoins en légèreté et compacité). Certaines technologies liées aux capteurs et développées par les grands groupes aéronautiques, pourraient être intégrées à ce type d'appareil.

L'altitude d'évolution de ces systèmes implique également la prise en compte de la problématique d'intégration dans l'espace aérien, et donc un besoin de certification de l'ensemble des systèmes (aéronefs, systèmes embarqués, opérateurs, pilotes). La sécurité devra être assurée par un système de *Detect & Avoid*. À l'heure actuelle, il n'existe encore aucun standard à ce sujet. La cohabitation de différents standards étant peu vraisemblable, un rôle de précurseur dans ce domaine pourrait donner à l'industrie française un avantage compétitif majeur. À l'inverse, le choix d'un système de *Detect & Avoid* qui ne serait pas massivement répandu constituerait un frein majeur à l'export de nos systèmes.

Les distances parcourues nécessiteraient également l'établissement de communications satellitaires : à partir de 150 km de distance, la transmission de données en temps réel et le pilotage de l'aéronef ne seraient plus possibles par le seul intermédiaire d'une station au sol à moins de construire un réseau maillé de récepteurs sol servant de lien entre le drone et sa station de télépilotage. En effet, contrairement à une utilisation militaire qui requiert une autonomie de fonctionnement vis-à-vis d'une infrastructure au sol, les utilisations civiles peuvent y faire appel (réseau téléphonique par exemple). Cet aspect constituerait une autre brique technologique à développer et exploiter pour l'industrie française.

Ce scénario concerne également le survol prolongé de populations, qui nécessite des niveaux de sécurité élevés se traduisant par l'utilisation de systèmes d'architecture logicielle et matérielle robustes et viables, validés par une certification. Celle-ci reste à définir et implique une typologie d'utilisateurs relativement restreinte (la complexité des systèmes rendue nécessaire par la certification doit être justifiée par une valeur ajoutée forte). Il est probable que les domaines d'utilisation concernés soient la surveillance de foules par les forces de l'ordre, ou la prise de vues aérienne d'événements par de grands groupes audiovisuels.

Différents industriels représentatifs de la filière française du drone civil mentionnent les facteurs clés de succès suivants pour l'implémentation de ce scénario :

Facteurs clés de succès associés au scénario 1

- Développer les briques technologiques associées au *Detect & avoid*, aux communications à longue distance (antennes conformes) et aux capteurs embarqués à haute altitude.
- Imposer une vision européenne, voire mondiale, concernant le *Detect & avoid*.
- Encourager les coopérations entre les grands groupes aéronautiques et les dronistes pour le développement des technologies attendues. Cela peut par exemple être effectué à l'aide d'outils semblables à la charte PME⁵⁴, qui assure notamment un accès simple pour les PME aux axes d'innovation des grandes entreprises.
- La mise en place de projets collaboratifs pourrait également permettre le développement des briques technologiques manquantes.
- La fiabilité des systèmes doit être démontrée dans un premier temps par des cas d'utilisation réels au niveau national avant d'envisager une activité à l'international. L'exportation d'une offre intégrée permettrait de présenter un niveau d'expertise et d'expérience homogène sur l'intégralité de la chaîne de valeur : cette offre regrouperait les assureurs, les fabricants de capteurs et de vecteurs, ainsi que les opérateurs possédant l'expertise métier et le gage de fiabilité attribué par la DGAC.

⁵⁴ , 19/12/2012

Scénario 2 : systèmes de drones à fiabilité élevée pour des applications spécifiques

Ce scénario décrit l'implémentation de drones non certifiés capables d'évoluer en zones peuplées. Leur mise en œuvre se base sur une analyse du risque approfondie, mesurée comme une combinaison de la probabilité d'occurrence d'un événement avec son niveau de conséquences (le risque est maximal lorsque la probabilité d'occurrence et le niveau de conséquences d'un événement sont élevés). La probabilité d'occurrence est liée à la sécurité et à la sûreté des systèmes de drones, tandis que le niveau de conséquence est déterminé par la densité de population survolée, ainsi que la masse et la vitesse du système en opération. Les niveaux de sécurité et de sûreté requis diffèrent donc en fonction du secteur d'applications.

Dans le domaine de l'inspection de bâtiments par exemple, les évolutions s'effectuent en milieu urbain mais restent limitées au voisinage immédiat (1,5 mètre environ) de l'objet inspecté. Si le drone (léger - environ 2 kg) dispose d'un dispositif de *geofencing* embarqué l'empêchant de s'éloigner du bâtiment considéré, les exigences en matière de sécurité ne devraient pas être aussi strictes que pour un drone destiné au survol de foules. Il n'existe actuellement aucun standard civil national ou européen permettant d'évaluer la sécurité d'un système de drone, mais des initiatives européennes sont en cours, par exemple pour l'évaluation des pilotes automatiques⁵⁵. Il n'existe également aucune définition européenne du concept de *geofencing*.

Dans le contexte actuel de recherche d'efficacité énergétique, le marché de l'inspection du bâtiment présente de réelles opportunités pour l'industrie française du drone, qui possède des compétences en topographie, thermographie, modélisation 3D et BIM (*Building Information Modeling*). Dans ce secteur, la proposition d'un service global par les opérateurs, allant de la mise en œuvre du vecteur jusqu'à l'exploitation des données est primordiale et constitue une spécificité de l'expertise française. Les briques technologiques associées semblent cependant provenir davantage de l'étranger (logiciels de post-traitements et capteurs). Certaines attentes technologiques semblent également émerger de ce secteur, comme des dispositifs de géopositionnement ultraprécis (de l'ordre du centimètre) tels que le GPS RTK (*Real Time Kinematics*). Ces besoins technologiques pourraient donc constituer des orientations de R & D pertinentes pour les acteurs français. Au niveau des vecteurs, des appareils de type DJI peuvent suffire pour l'inspection de bâtiments. Le développement de vecteurs spécifiques à ce domaine ne paraît donc pas toujours nécessaire : afin de limiter les risques à un niveau acceptable, il est envisageable de fonctionnaliser un vecteur existant, initialement non développé pour des applications spécifiques en l'adaptant au niveau de fiabilité et aux fonctionnalités requis par le domaine en question. Cependant, la modification d'un drone commercial se heurtera rapidement à l'impossibilité d'obtenir des données de sécurité sur les systèmes « commerciaux », ce qui limitera les gains en opérations que pourraient accorder les autorités.

Grâce à la mise en place anticipée d'une réglementation, la France a pu développer une certaine expertise pratique du vol hors vue. À titre d'exemple, GeoPost, filiale du groupe La Poste, teste depuis 2014 la livraison de colis de 3 kg sur des distances de 1 200 mètres par tous les temps⁵⁶, et pourrait mettre en place en 2016 une première ligne expérimentale de 16 km⁵⁷. Cela permet aux constructeurs d'obtenir des données terrain et d'implémenter des corrections, et aux assureurs de préciser leurs offres. L'ouverture du marché à l'international étant possible uniquement avec des composants fiables, ce type de projet constitue une vitrine pour l'utilisation opérationnelle de vecteurs en mode hors vue. Ces projets doivent être présentés non pas comme une expérimentation mais comme les prémices d'une industrialisation.

Dans le cas du vol hors vue notamment, la sécurité et, éventuellement, la sûreté des systèmes doivent pouvoir être évaluées par les autorités. Le constructeur doit donc être capable de fournir des informations relatives à chaque système (tant au niveau logiciel que matériel), ce qui rend difficile l'intégration de systèmes propriétaires sur un drone commercial et restreint le nombre de fabricants habilités.

Afin de répondre aux besoins exprimés par les donneurs d'ordres et les gestionnaires de réseaux, le développement d'un drone à longue endurance similaire à celui discuté dans le cadre du scénario 1 serait pertinent. Évoluant en dessous de 150 mètres, ce dernier ne nécessiterait cependant pas de certification et embarquerait des capteurs plus petits et moins onéreux (l'emport de dispositifs de *Detect & Avoid* demeure une possibilité). Le développement de certaines briques technologiques liées à l'inspection serait alors nécessaire (scanner laser, caméra térahertz, GPS RTK). Une opportunité possible concerne alors le développement d'un vecteur autour de capteurs spécifiques liés à une application métier précise, permettant alors de se démarquer de la concurrence développant des outils génériques. Finalement, grâce à sa masse réduite et à son faible

⁵⁵ RPAS Autopilot Validation Tool (RAVT) Initiative, suasnews.com, 04/09/2015.

⁵⁶ Geopost avance dans ses tests de livraison de colis par drones, Les Échos, 23/07/2015.

⁵⁷ Quand La Poste expérimente la livraison de colis par drone, rmc.bfmtv.com, 29/09/2015.

encombrement, un tel drone peut être transporté facilement, critère d'importance pour l'export dans les pays en développement qui possèdent des infrastructures de transport peu développées.

Différents industriels représentatifs de la filière française du drone civil mentionnent les facteurs clés de succès suivants pour l'implémentation de ce scénario :

Facteurs clés de succès associés au scénario 2

- Les définitions de « sûreté », de « sécurité » et « geofencing » doivent être harmonisées au niveau européen.
- Des standards de sécurité ou des normes produits européens doivent être définis : le produit et le concept doivent pouvoir être exportés.
- Les PME devraient être informées des besoins des grands donneurs d'ordres et des grands groupes : certaines sociétés auraient les capacités d'y répondre mais n'ont pas conscience de l'existence d'un besoin. Cela peut par exemple être effectué à l'aide d'outils semblables à la charte PME, qui assure notamment un accès simple pour les PME aux axes d'innovation des grandes entreprises⁵⁸.
- Les briques technologiques manquantes peuvent être développées grâce à des partenariats avec des entreprises étrangères possédant l'expertise requise (exemple : sociétés canadiennes pour le développement de batteries résistantes aux basses températures).

⁵⁸ Signature de la Charte des PME innovantes, <http://www.economie.gouv.fr/>, 19/12/2012.

Scénario 3 : systèmes de drones à diffusion large pour un usage professionnel de masse

Ce scénario envisage la démocratisation de l'utilisation professionnelle de drones destinés à un usage de masse. Dans ce cas, les vecteurs ne sont pas conçus afin de répondre à un besoin spécifique comme présenté dans les scénarios précédents. À l'inverse, les utilisateurs adaptent leurs missions aux capacités de ces drones disponibles sur étagère, de type DJI ou Parrot. Contrairement au drone à longue endurance décrit précédemment, ces engins peuvent être pilotés par n'importe quel utilisateur et évoluent à moins de 150 mètres de hauteur.

Vendus à grande échelle, ces vecteurs présentent un niveau de technicité moins élevé que des solutions développées pour une expertise métier précise. Leurs domaines d'applications sont extrêmement variés mais restent exigeants. À titre d'exemple, la gendarmerie française a, entre autres, fait l'acquisition de drones DJI destinés au grand public⁵⁹. Ce scénario peut être considéré comme une porte d'entrée sur les scénarios 1 et 2 : le scénario 3 joue alors un rôle de sensibilisation et de démocratisation de l'utilisation des drones, permettant alors de démontrer les limites techniques sur certains usages, et incitant ainsi l'obtention de machines spécifiques présentant un niveau de technicité plus important. Ce scénario peut donc être ressenti comme une menace, qui semble cependant avoir été intégrée par l'ensemble des dronistes français, depuis longtemps positionnés sur des systèmes différenciateurs adaptés aux missions à réaliser.

Dans le cadre de ce scénario, les opportunités pour les acteurs français autres que Parrot paraissent assez restreintes, l'accès au marché des vecteurs à usage de masse étant relativement bouché, notamment par l'offre chinoise et le fabricant français. Les opportunités semblent donc se situer au niveau des charges utiles, qui doivent être miniaturisées afin de pouvoir être embarquées, et au niveau logiciel afin de valoriser les données acquises. Initialement tourné vers la grande distribution de drones dédiés au loisir, Parrot s'oriente de plus en plus sur le développement d'une offre professionnelle, notamment dans le domaine des drones agricoles, avec une offre intégrée permettant de proposer une continuité de service. Le succès de Parrot provient en partie de la ramification de son réseau commercial, développé au niveau mondial, mais aussi de l'expertise métier proposée dans le secteur de l'agriculture : la prestation est réalisée dans son intégralité, du déploiement du vecteur jusqu'au post-traitement de la donnée. Cette « professionnalisation » a pour l'heure été peu entreprise par les concurrents proposant des drones à usage de masse, mais cette menace ne peut être écartée.

Du point de vue de la sécurité, le scénario 3 semble le plus propice à l'occurrence d'incidents techniques et humains, qui impacteraient négativement l'ensemble de l'écosystème. L'implémentation de dispositifs de sécurité tels que le *geofencing* est donc primordiale. Aux États-Unis, DJI et Airmap (spécialiste de l'espace aérien digital) collaborent sur l'incorporation dans leurs drones des restrictions de vol temporaires pouvant être émises par la FAA⁶⁰. Devançant les obligations réglementaires, DJI a également doté son modèle Phantom 4 d'un algorithme de détection d'obstacles à l'aide de caméras optiques : ce dernier s'oppose aux commandes de l'utilisateur si celles-ci impliquent une collision⁶¹. Bien qu'encore fort limitée, cette fonctionnalité démontre la tendance des acteurs de l'usage de masse à l'autorégulation.

Différents industriels représentatifs de la filière française du drone civil mentionnent les facteurs clés de succès suivants pour l'implémentation de ce scénario :

Facteurs clés de succès associés au scénario 3

- Sensibiliser les donneurs d'ordres publics aux offres françaises commercialement disponibles, et privilégier l'utilisation de technologies françaises.
- Développer les expertises métiers et les solutions clés en main afin de se différencier des autres acteurs présents dans les usages de masse.

⁵⁹ *Le drone, nouvelle arme des gendarmes*, Le Figaro, 03/02/2016.

⁶⁰ *Why Your Drone Can't Fly Near Airports Anymore*, Fortune, 18 novembre 2015.

⁶¹ *Banc d'essai – DJI Phantom 4, le drone détecteur d'obstacles*, Le Monde, 15/03/2016.

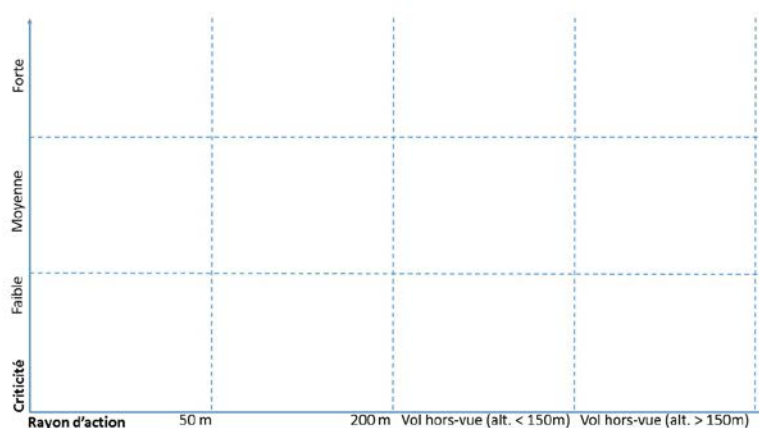
Synthèse sur l'ensemble des scénarios

L'élaboration de scénarios prospectifs présente de nombreuses difficultés de par la spécificité de l'écosystème du drone civil, composé majoritairement de PME qui restent dans une incertitude vis-à-vis de leur futur proche. Comme expliqué précédemment, la temporalité de développement varie en fonction du scénario considéré. Le scénario 3 est probable à court terme. Impliquant des technologies génériques et une multitude d'acteurs potentiellement peu formés à l'utilisation des drones, l'enjeu principal consiste à limiter au maximum les incidents techniques et humains, qui impacteraient négativement les autres scénarios, dont le développement a lieu sur le moyen/long terme. Nécessitant des développements technologiques plus évolués comme le vol hors vue sur de très longues distances, le scénario 2 suppose en effet l'implémentation de certaines briques technologiques à l'heure actuelle manquantes. Ce scénario présente donc de nombreuses opportunités de différenciation et de spécialisation pour les PME françaises. Mettant en œuvre des drones conçus pour des applications spécifiques, ce scénario peut être interprété comme le prolongement du scénario 3, qui ne suffirait plus à répondre aux besoins des utilisateurs. Finalement, le scénario 1 est envisageable à long terme, en raison des fortes contraintes imposées par une intégration dans l'espace aérien. Dans ce scénario, l'altitude d'évolution du drone pourrait rendre pertinentes des collaborations entre grands acteurs de l'aéronautique et PME, au sujet des capteurs notamment.⁶²

En dépit de l'organisation temporelle décrite dans le paragraphe précédent, il est probable que les trois scénarios coexistent. Ces scénarios ne concernent en effet pas tous les mêmes secteurs d'applications, et conservent donc un degré d'indépendance. Le scénario 3, qui paraît le plus propice aux incidents, et présente ainsi un fort niveau de risque, pourrait cependant impacter négativement les scénarios 1 et 2 en affectant par exemple l'acceptabilité sociale des drones.

Le but des paragraphes suivants est de déterminer la zone d'influence de chaque scénario sur les différents secteurs d'applications. La construction de la Figure 11 est effectuée à cette fin. Sur l'axe des ordonnées, la criticité est définie en fonction des risques associés à l'utilisation du drone (conséquence d'une perte de contrôle), et est divisée en trois niveaux (faible, moyenne et forte). L'axe des abscisses représente le rayon d'action requis et est divisé en quatre niveaux. Les deux premiers niveaux correspondent à du vol en vue (le premier cas concerne un rayon d'action de moins de 50 mètres, le deuxième de 50 à 200 mètres). Les deux derniers niveaux correspondent à du vol hors vue (l'un concerne des évolutions en dessous de 150 mètres de hauteur, l'autre au-dessus).

Figure 11 - Construction d'une matrice criticité – rayon d'action



⁶² La surveillance de réseaux pourrait se faire à plus de 150m/sol, mêlant ainsi les scénarios.

La Figure 12 positionne ensuite de *façon indicative* les différents secteurs d'applications en fonction de leur criticité et des rayons d'action requis dans les cas d'applications les plus probables. Les cadres correspondant aux différents secteurs d'applications ne sont donc pas figés. La liste des codes correspondant aux secteurs d'applications est présentée dans le Tableau 4. La surveillance de foules par les forces de l'ordre (SC2) nécessite par exemple le survol de populations de manière prolongée, et se voit donc attribuer une forte criticité.

Figure 12 - Positionnement indicatif des différents scénarios vis-à-vis des secteurs d'applications considérés

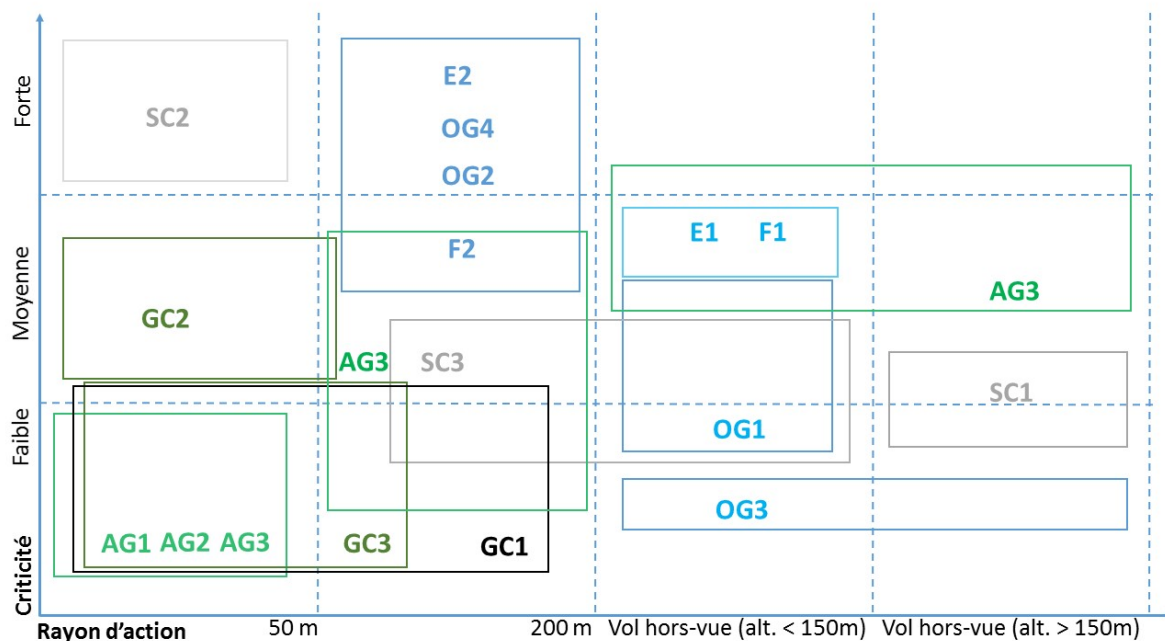


Tableau 4 - Légende

<i>Oil & gas</i>	Code
Inspection de <i>pipelines</i> (<i>pourrait se faire à plus de 150 m/sol, en fonction des capteurs et de la zone observée</i>).	OG1
Inspection de plateformes pétrolières (<i>pourrait se faire en hors vue, par exemple lorsqu'un bâtiment cache le drone</i>).	OG2
Recherche de sites.	OG3
Sécurité privée.	OG4
Énergie	
Inspection linéaire (<i>pourrait se faire à plus de 150 m/sol, en fonction des capteurs et de la zone observée</i>).	E1
Inspection ponctuelle.	E2
Ferroviaire	
Inspection linéaire (contre le vol et pour la maintenance) - <i>pourrait se faire à plus de 150 m/sol, en fonction des capteurs et de la zone observée</i> .	F1
Inspection ponctuelle.	F2
Sécurité civile	
Surveillance des frontières (<i>en fonction des cas, le niveau de criticité peut augmenter</i>).	SC1
Surveillance des foules (<i>peut se faire à plus de 50 m et en hors vue</i>).	SC2
Surveillance des catastrophes et des risques naturels (<i>pourrait se faire à plus de 150 m/sol, en fonction des capteurs et de la zone observée</i>).	SC3
Agriculture	
Épandage (utilisation interdite en France et en Europe ⁶³).	AG1
Inspection (suivi des maladies) - <i>peut aussi s'effectuer en hors vue, selon la taille du champ</i> .	AG2
Gestion des entrants (engrais/eau) - <i>peut aussi s'effectuer en hors vue, selon la taille du champ</i> .	AG3
Génie civil/mines	
Topographie (<i>en fonction des cas, le niveau de criticité peut augmenter</i>).	GC1
Inspection de bâtiments et infrastructures (<i>peut aussi s'effectuer en hors vue</i>).	GC2
Suivi de chantier (<i>en fonction des cas, le niveau de criticité peut augmenter</i>).	GC3

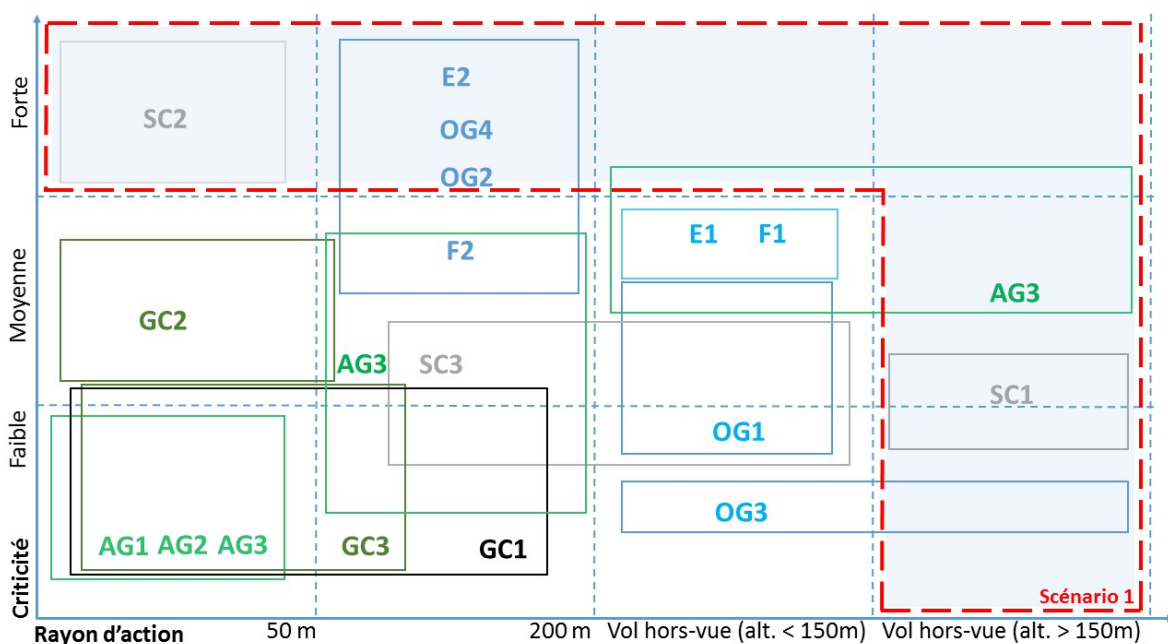
La zone d'influence de chacun des scénarios est ensuite superposée aux autres paramètres décrits ci-dessus. Comme expliqué précédemment, le scénario 1 vise des applications nécessitant une longue endurance et une altitude élevée, et/ou un survol de populations de manière prolongée. La Figure 13 représente sa zone d'influence. Les domaines d'applications couverts sont en particulier :

- L'agriculture (gestion des entrants - AG3), effectuée par des drones longue endurance et haute altitude pour une grande quantité de d'exploitations agricoles de grande taille.

⁶³ Article L253-8 du Code rural et règlement n°1107/2009 du Parlement européen.

- La sécurité civile (surveillance des frontières - SC1 et des foules - SC2).
- L'Oil & Gas (inspection de plateformes pétrolières - OG2 et surveillance à des fins sécuritaires - OG4).
- Comme indiqué dans le Tableau 4, d'autres secteurs d'applications peuvent éventuellement être couverts par ce scénario : l'inspection de *pipelines* (OG1), l'inspection linéaire (E1 et F1), et la surveillance des catastrophes et des risques naturels (SC3).

Figure 13 - Zone d'influence du scénario 1



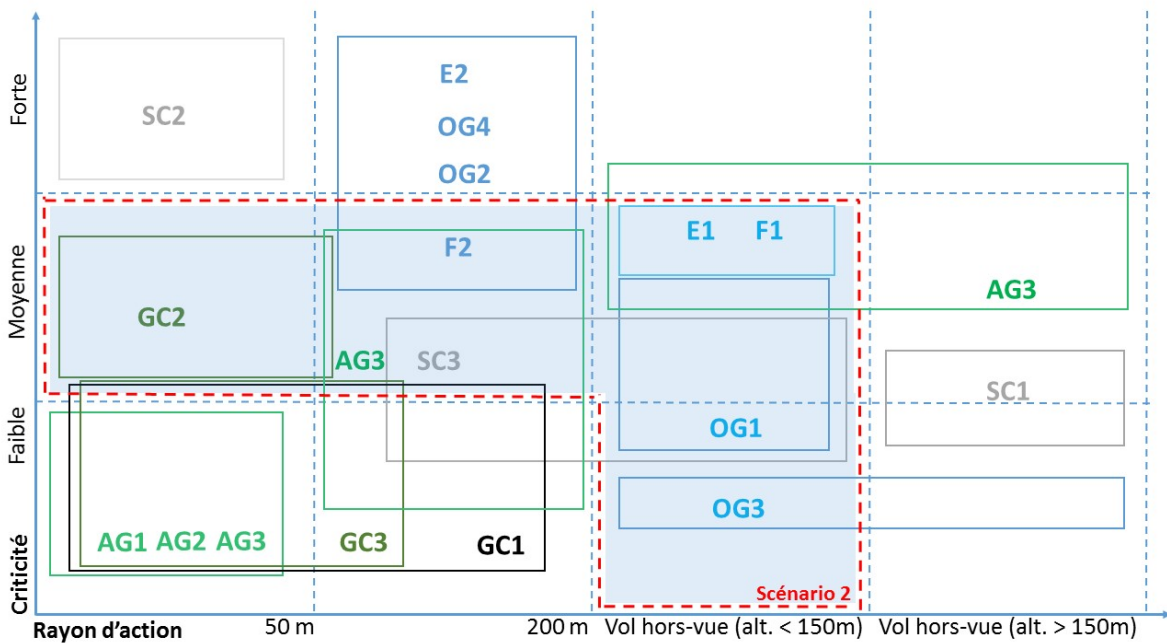
La zone d'influence du scénario 2 est décrite par la figure suivante.

Comme indiqué dans le Tableau 4, l'inspection et la gestion des entrants en agriculture (AG2 et AG3) peuvent dans certains cas être couverts par ce scénario.

Figure 14. Les domaines d'applications couverts sont en particulier :

- Le génie civil (inspection de bâtiments et infrastructures – GC2)
 - La sécurité civile (surveillance des catastrophes et des risques naturels – SC3)
 - L'Oil & Gas (inspection de *pipelines* – OG1 et recherche de sites – OG3)
 - L'énergie (inspection de lignes électriques – E1)
 - Le ferroviaire (inspection linéaire contre le vol et pour la maintenance – F1 et inspection ponctuelle – F2)
- Comme indiqué dans le Tableau 4, l'inspection et la gestion des entrants en agriculture (AG2 et AG3) peuvent dans certains cas être couverts par ce scénario.

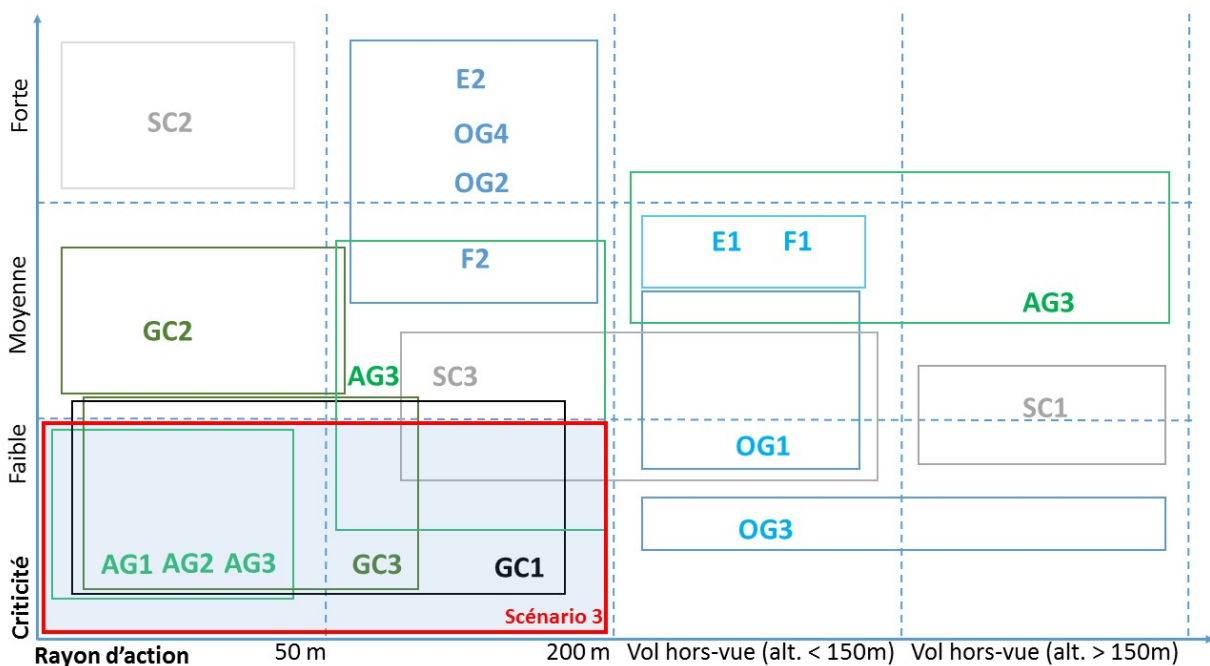
Figure 14 - Zone d'influence du scénario 2



La zone d'influence du scénario 3 est décrite par la figure suivante. Les domaines d'applications couverts sont en particulier :

- Certaines applications liées à l'agriculture (épandage –AG1, l'inspection/suivi des maladies –AG2, et la gestion des entrants –AG3)
- Certaines applications de génie civil (topographie – GC1 et suivi de chantier – GC3)

Figure 15 - Zone d'influence du scénario 3



Conclusions

L'analyse menée peut être synthétisée par la Figure 16 : chaque scénario reste relativement propice à des secteurs d'applications particuliers, même si les frontières peuvent parfois être difficiles à définir. Cette figure ne fait pas intervenir le paramètre temps, ce qui illustre la coexistence des différents scénarios sur la durée.

Les niveaux de criticité peuvent être perçus et définis différemment selon les pays. La délimitation des différents scénarios en fonction des axes de criticité et de rayons d'action peut donc varier selon les pays considérés.

Figure 16 - Zone d'influence des trois scénarios prospectifs

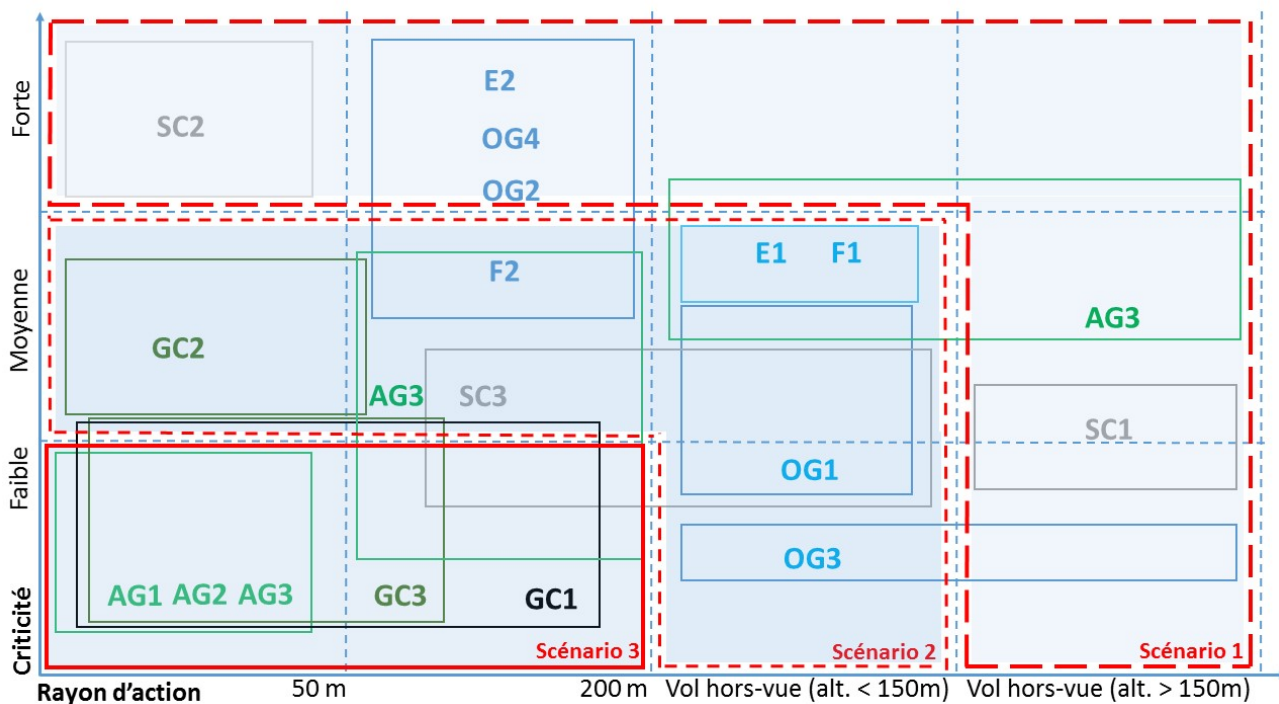


Tableau 5 - Zone d'influence des différents scénarios sur les secteurs d'applications

Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
L'agriculture (gestion des entrants – AG3), effectuée par des drones longue endurance et haute altitude pour une grande quantité d'exploitations agricoles de grande taille	Le génie civil (inspection de bâtiments et infrastructures – GC2)	L'agriculture (épandage, interdit en France – AG1, l'inspection/suivi des maladies – AG2, et la gestion des entrants – AG3)
La sécurité civile (surveillance des frontières – SC1 et des foules – SC2)	La sécurité civile (surveillance des catastrophes et des risques naturels – SC3)	Le génie civil (topographie – GC1 et suivi de chantier – GC3)
L'Oil & Gas (inspection de plateformes pétrolières – OG2 et surveillance à des fins sécuritaires – OG4)	L'Oil & Gas (inspection de <i>pipelines</i> – OG1 et recherche de sites – OG3)	
L'agriculture (gestion des entrants – AG3), effectuée par des drones longue endurance et haute altitude pour une grande quantité d'exploitations agricoles de grande taille	L'énergie (inspection de lignes électriques – E1)	
La sécurité civile (surveillance des frontières – SC1 et des foules – SC2)	Le ferroviaire (inspection linéaire contre le vol et pour la maintenance – F1 et inspection ponctuelle – F2)	
D'autres secteurs d'applications peuvent éventuellement être couverts par ce scénario : l'inspection de <i>pipelines</i> (OG1), l'inspection linéaire (E1 et F1), et la surveillance des catastrophes et des risques naturels (SC3).	L'agriculture (suivi des maladies – AG2, et la gestion des entrants – AG3) peut éventuellement être couverte par ce scénario.	

Tableau 6 - Principaux types d'acteurs de la filière française du drone concernés par les différents scénarios prospectifs

Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Grands groupes aéronautiques	Opérateurs	Opérateurs ⁶⁴
Fabricants de capteurs	Concepteurs de briques technologiques liées à l'inspection (scanner laser, camera téraherz, GPS RTK)	Fabricants de vecteurs destinés à un usage de masse
Concepteurs de systèmes de <i>Detect & Avoid</i>	Concepteurs de systèmes de <i>Detect & Avoid</i>	
Équipementiers : concepteurs de systèmes de télécommunication longue distance en temps réel	Équipementiers : concepteurs de systèmes de télécommunication longue distance en temps réel	
Fabricants de vecteurs	Fabricants de vecteurs spécifiques à une application	

⁶⁴ L'idée de Parrot est que si le drone est réellement « de masse » alors n'importe qui peut le faire voler, moyennant une formation minimale, ce qui réduit l'utilité des opérateurs.

ANALYSE DE LA FILIÈRE FRANÇAISE

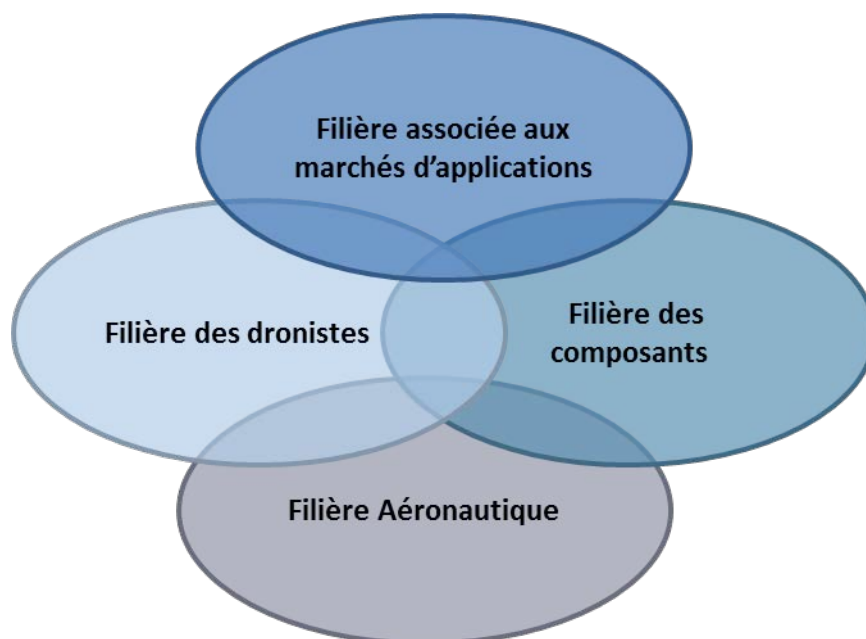
Cartographie et spécificités de l'écosystème français

De manière générale, il est possible de distinguer quatre catégories dans l'écosystème du drone (voir Figure 17) :

1. les « dronistes », acteurs spécialisés du drone (FPDC, constructeurs de drones, opérateurs, organismes de formation...)
2. les acteurs issus du secteur de l'aéronautique, qui se sont intéressés mécaniquement à l'apparition des drones mais ne sont pas spécialisés dans ce domaine (DGAC, Onéra, Gifas, constructeurs aéronautiques...)
3. les acteurs de la filière des composants, qui sont présents entre autres sur le marché des drones
4. les acteurs associés aux marchés d'application des drones, pour qui ces aéronefs sont un outil utilisé dans leur activité.

Les niveaux d'intérêt et d'implication de chaque catégorie concernant les drones civils sont donc extrêmement variés. L'écosystème du drone civil français regroupe des acteurs privés, publics ainsi que des partenariats publics-privés. Le but de cette section est de décrire les principaux intervenants ainsi que leurs interactions.

Figure 17 - Écosystème des drones⁶⁵



Acteurs privés

Les donneurs d'ordres

À l'image de sociétés comme EDF ou la SNCF, les grands donneurs d'ordres du territoire national envisagent de nombreux usages différents pour les drones, dans un panel d'applications relativement large : inspection d'ouvrages d'art, de caténaires, d'équipements électriques, surveillance... Cela implique notamment différentes typologies de vecteurs et de charges utiles, selon le besoin et l'application précise. À l'heure actuelle, les différentes applications envisagées sont à des niveaux de maturité bien différents selon les applications.

⁶⁵ Source : Tech2Market.

L'objectif stratégique de ces acteurs est avant tout de construire des solutions complètes, dans lesquelles les drones ont une place dédiée (comprenant le vecteur, sa station de télépilotage, le capteur et la solution de traitement des données associées). Pour cela, les grands comptes travaillent avec différents prestataires, en fonction des solutions disponibles sur le marché. Des développements internes peuvent également venir combler les lacunes de la filière, avec la mise en place de partenariats industriels sous la forme de projets de recherche.

Impliqués dans la gestion de divers réseaux étendus, les scénarios d'applications impliquant le scénario S4 de la réglementation française et le vol hors vue revêtent une importance stratégique, tout comme les vols entièrement automatisés. À ce sujet, ces acteurs, de par leur poids et leur impact potentiel futur pour la filière, sont en contact régulier avec les autorités de l'aviation civile afin d'élaborer ensemble les évolutions réglementaires adaptées aux besoins industriels. La SNCF souhaiterait par exemple la mise en place d'un scénario « S4E », qui permettrait d'effectuer des vols hors vue avec des drones de masse inférieure à 25 kg (mais supérieure à 2 kg). De tels vols posent des questions de sécurité aérienne et de sécurité des tiers au sol, qu'il conviendra de traiter par des solutions technologiques et opérationnelles.

La question du retour sur investissement et de la rentabilité des dispositifs de drone est, semble-t-il, très difficile à quantifier. Pour les donneurs d'ordres, cela implique différentes typologies de gain, aussi bien du point de vue opérationnel sur l'opération à réaliser, qu'en termes d'image, de qualité, de fiabilité du service, de performances d'exploitations globales... il sera nécessaire de prendre davantage de recul afin de quantifier les gains de ces nouveaux services.

Quoi qu'il en soit, les donneurs d'ordres vont permettre de dynamiser la filière française sur certains usages cibles, et ainsi développer à terme un véritable savoir-faire. Une partie de ce savoir-faire et de cette expérience acquise sera localisée au sein même de ces sociétés, notamment au niveau du traitement des données et des interprétations métiers. Lorsque les usages cibles auront pu être validés à l'échelle du territoire, ces acteurs pourront diffuser à l'international leur savoir-faire et leurs compétences spécifiques pour ces usages cibles. Les collaborations entre les acteurs de la filière et les donneurs d'ordres pourront permettre de favoriser la diffusion des compétences acquises sur le territoire français.

Tableau 7 - Analyse SWOT - Donneurs d'ordres

Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> - Présence sur l'ensemble du territoire français - En charge de la gestion et la maintenance de grandes infrastructures - Présence à l'international - Les donneurs d'ordres représentent un poids important dans la filière des drones civils (impact sur l'évolution des réglementations notamment) - Des expérimentations et des opérations sont menées depuis plus de deux ans ce qui a permis aux donneurs d'ordres de se forger une première expérience significative 	<ul style="list-style-type: none"> - Les applications envisagées sont à des niveaux de maturités très variables
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> - Les donneurs d'ordres envisagent un panel large d'applications des drones - Les donneurs d'ordres doivent construire des solutions complètes faisant appel à différents prestataires - Ils sont moteurs sur l'émergence de projets de recherche - Les donneurs d'ordres poussent le scénario S4 et suggèrent la création d'un S4E - Les donneurs d'ordres peuvent jouer le rôle de « tête de pont » du déploiement d'une offre drone à l'étranger. 	<ul style="list-style-type: none"> - Les donneurs d'ordres ont des difficultés à quantifier la rentabilité des systèmes de drones car les gains sont très variables, aussi bien sur l'opération effectuée que sur l'image de l'entreprise - Les donneurs d'ordres pourraient avoir tendance à internaliser l'analyse des données ce qui limitera la diffusion d'un savoir-faire auprès du tissu des PME - Le coût des systèmes de drones aptes à faire du BVLOS⁶⁶ n'est pas encore bien connu et dépendra des exigences de sécurité, ce qui peut faire évoluer considérablement l'intérêt des donneurs d'ordres pour le drone sur l'inspection de linéaires

Les utilisateurs finaux : artisans et exploitants métiers

On observe en France une ouverture progressive du marché vers les « petits clients », se situant à l'opposé des grands donneurs d'ordres en termes de rapport de force, mais pourtant bien positionnés sur le même plan, en tant qu'utilisateurs finaux. Ces clients possèdent généralement un besoin non exprimé qui peut être satisfait par une solution de drone. Ils représentent un marché à fort potentiel avec des applications à plus ou moins court terme. Cela concerne potentiellement un nombre très important d'applications, qui restent cependant fortement segmentées sur de nombreux marchés de niches différents.

Le développement de solutions dédiées à ce gisement de demandes peut permettre de tendre progressivement vers une consommation du marché et une démocratisation des usages professionnels, avec une explosion des usages du drone. Afin de pousser l'offre vers les consommateurs, il est nécessaire de mettre en place des systèmes de distribution, des services thématiques et orientés vers les usages : l'offre de service doit répondre à des besoins précis. La France reste trop orientée sur l'innovation technologique alors que les briques technologiques existantes permettant de nouveaux usages sont déjà disponibles.

⁶⁶ *Beyond Visual Line of Sight* (hors vue directe).

Tableau 8 - Analyse SWOT - Exploitants métiers

Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> - La mise en place d'une réglementation anticipée a permis l'émergence de « petits clients » qui voient dans les drones un moyen de remplir leur mission de manière plus rapide et économique. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ces petits clients représentent des applications très variées qui demande chacun des marchés de niche. - Ces petits clients ont peu de poids dans la filière.
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> - La « consomérisation » des demandes très variées pourrait permettre une « explosion des usages ». - Mettre en place des systèmes de distribution des services thématiques et orientés usages. - Il existe encore des besoins mal adressés qui peuvent représenter des gisements au potentiel de croissance important (par exemple l'inspection verticale). 	<ul style="list-style-type: none"> - La distribution finale de l'offre « drone » auprès de ces différents segments reste encore difficile en France. - Se concentrer trop fortement sur la recherche technologique au détriment du montage d'offres de services bien <i>packagés</i> à partir des technologies actuelles. - Certaines sociétés ou des individuels proposent, sans être déclarés auprès de la DGAC, leurs services avec un coût faible de prestation, ce qui crée une instabilité dans le positionnement prix des acteurs en place.

Les bureaux d'études, intégrateurs et mécatroniciens

Pour ces acteurs, le drone représente un vecteur permettant l'emport d'une charge utile, porteuse d'une certaine valeur ajoutée. Dans sa conception même, le drone est alors bien souvent appréhendé d'une manière générale, c'est-à-dire aussi bien sur des aspects terrestre, maritime, qu'aérien.

Comme le soulignent certains dronistes, tout projet doit commencer par l'identification et l'expression d'un besoin client, mis au regard de la validité et de la pertinence d'une solution sur des aspects techniques et économiques sur le long terme. Une fois ces éléments validés, il est possible d'envisager une stratégie d'industrialisation, impliquant la réalisation d'un prototype dans une relation proche avec le client et l'utilisateur final de la solution. Ce type de démarche peut notamment impliquer des investissements financiers communs. Ainsi conçue, la solution par drone peut répondre à de nombreux besoins.

La qualification du client et l'identification du besoin revêtent alors un intérêt stratégique dans la réflexion initiale. Nombreux sont les acteurs à souligner ce point d'importance, qui fait souvent défaut à des solutions développées dans une approche *techno-push* (on pousse sur le marché une technologie innovante). L'approche *market-pull*, qui consiste justement à développer une solution adaptée à un besoin cible du marché, semble plus propice pour les acteurs de la filière, *a minima* du point de vue des intégrateurs.

Afin de tendre vers d'une production industrielle à forte valeur ajoutée, l'analyse de la chaîne de valeur industrielle apparaît par la suite comme incontournable afin d'identifier la possibilité d'externaliser certaines étapes du processus de production et d'établir les partenariats de développement nécessaires à l'accompagnement de la commercialisation du produit et du service, notamment à l'international.

Les accords commerciaux avec des sociétés de rayonnement international représentent ainsi un véritable levier de croissance à l'export. Cela permet notamment une complémentarité des acteurs entre l'apport du service, et le développement opérationnel du dispositif associé. De ce point de vue, la capacité d'apporter un service industriel

global, impliquant la maintenance et une continuité de service vis-à-vis du dispositif, est essentielle. Il est nécessaire, du point de vue des utilisateurs finaux, de raisonner en termes d'offre de service.

Les dispositifs doivent posséder des caractéristiques modulaires, laissant libre court aux opportunités de *rétrofit*. Les standards de conception sont ainsi primordiaux. Ils doivent permettre de faire évoluer l'offre de service et de l'inscrire dans une véritable continuité de service, afin de faire perdurer la relation commerciale établie, et d'inscrire le développement du produit/service innovant dans une stratégie de pérennisation de l'offre.

Tableau 9 - Analyse SWOT - Bureaux d'études, ingénieurs et mécaniciens

Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> - Ce type d'acteurs considère le drone comme un vecteur d'emport pour développer un service à valeur ajoutée. - Les solutions de drones peuvent impliquer aussi bien des solutions terrestres, maritimes ou aériennes. - Ils développent des briques technologiques communes et peuvent répondre à des besoins plus variés. 	<ul style="list-style-type: none"> - Leviers de financement réduits. - Capacité industrielle faible. - Connaissance des aéronefs et de leurs spécificités. - Typologie d'acteurs insuffisamment représentés auprès de la FPDC ou dans les discussions publics-privés sur les drones.
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> - La capacité de ces acteurs à configurer une offre modulaire capable d'évoluer avec les besoins, notamment par la connaissance des standards de conception. - La capacité à faire perdurer les relations commerciales établies. - Développement d'accords commerciaux avec des sociétés de rayonnement international. 	<ul style="list-style-type: none"> - Concurrence avec les constructeurs/opérateurs spécialisés sur le drone.

Grands industriels de la filière aéronautique

Tout comme de nombreux acteurs du secteur aéronautique (Airbus, Thalès, Dassault, Safran...), le Gifas (Groupement des Industries Françaises Aéronautiques et Spatiales) est mécaniquement devenu une des parties prenantes de la filière drones. Cette organisation demeure généraliste, mais possède des représentants au sein du Conseil pour les drones civils (voir la section Partenariats Public-Privé).

La plupart des multinationales ayant une forte activité en France dans le domaine aéronautique ont développé une activité drones⁶⁷, généralement orientée militaire ou liée à la sécurité. Il est cependant difficile pour ces acteurs de proposer une réponse aux besoins du marché civil.

Il existe en effet assez peu d'intersections entre ces marchés : les technologies onéreuses de pointe utilisées dans le domaine militaire s'avèrent relativement inadaptées au marché civil. Les niveaux de prix des prestations n'ont en effet rien à voir dans ces deux domaines. Par ailleurs, les nouvelles technologies de propulsion [électriques, piles à combustibles, solaire) permettent d'effectuer des vols de longue distance avec des aéronefs de petite taille, qui ne sont plus du ressort de ces acteurs.

⁶⁷ 2015-2016, *Industrie Française Aéronautique, Spatiale, de Défense et de Sécurité*, Gifas.

Majoritairement intéressés par les applications militaires, les acteurs de l'aéronautique auront des difficultés certaines à intégrer leurs technologies dans des dispositifs destinés au marché civil. Actuellement, les volumes d'affaires sont drastiquement différents entre ces deux typologies de marchés associées aux systèmes de drones.

Il serait pourtant pertinent que la filière du drone civil soit inscrite comme axe de développement d'intérêt auprès du Gifas. Les différentes briques technologiques et les charges utiles de la filière du drone civil pourraient en effet être déclinées des technologies issues de l'aéronautique, tout autant qu'à l'avenir utilisées par la filière aéronautique.

Focus : Entre militaire et civil, notion de double usage et contraintes associées

Pour les acteurs impliqués dans la filière du drone à usage militaire, le drone est considéré comme un dispositif pouvant satisfaire un double usage, civil ou militaire. Cependant, il est nécessaire d'obtenir un accord de l'Administration pour transférer un dispositif initialement conçu pour des applications militaires vers les usages civils.

Par ailleurs, les drones sont inclus dans le *Missile Technology Control Regime*. Ce regroupement informel et volontaire de pays cherche à éviter la prolifération des vecteurs non pilotés d'armes de destruction massive. Les efforts de prévention coordonnés impliquent ainsi des régimes nationaux de licences d'exportation, ce qui représente un caractère limitant pour le développement de la filière drones.

Les grandes multinationales de l'aéronautique développent des programmes dans ce domaine :

- **Airbus Defence and Space** a développé plusieurs systèmes de drones :
 - conçu à partir du drone israélien IAI Heron, le système de drone aérien tactique Harfang (missions de reconnaissance et de poursuite en profondeur sur les champs de bataille, par tous les temps, jour et nuit) de catégorie Male (Moyenne altitude longue endurance) ;
 - le système de drone aérien Eurohawk de catégorie Hale (Haute altitude longue endurance), pour la reconnaissance, la surveillance et le renseignement électronique, en coopération avec Northrop-Grumman ;
 - le futur système européen Atlante (surveillance, reconnaissance et acquisition de cible) ;
 - le drone embarqué dans la marine Tanan 300, à décollage et atterrissage vertical ;
 - SURVEY Copter, minidrone à voilure tournante de surveillance et inspection ;
 - Tracker, des systèmes de drones aériens tactiques de type minidrone.
- **Dassault Aviation** est le responsable principal du programme de drone de combat nEUROn, dont Safran fournit le moteur.
- **Safran** et sa filiale Safran Electronics and Defense (ex-Sagem) sont les *leaders* européens des drones tactiques, avec le Sperwer (drone tactique intérimaire) et le Patroller (longue endurance, pour la surveillance maritime notamment).
- **Thalès** est maître d'œuvre du système tactique Watchkeeper, pour la surveillance, le renseignement, la reconnaissance et l'acquisition de cibles. Du côté des drones de petite taille, l'entreprise propose le Fulmar (19 kg), le F2 (moins de 25 kg) et le Spy'Copter (micro-VTOL, atterrissage et décollage vertical).

Tableau 10 - Analyse SWOT – Grands industriels de la filière aéronautique

Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> - Le rayonnement international des grands groupes aéronautiques français. - L'aéronautique est l'une des filières industrielles françaises qui s'exporte le mieux. 	<ul style="list-style-type: none"> - Activités drones orientées militaire ou sécurité, éloignées des attentes du marché civil. - Collaborations embryonnaires entre les grands industriels de l'aéronautique et les PME de la filière drones. - La concurrence entre les grands groupes français peut diminuer les possibilités de coopération.
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> - Le réseau et les compétences des sous-traitants aéronautiques français. 	<ul style="list-style-type: none"> - Des intérêts qui divergent au sens du montant des commandes et des technologies clés, entre les grands groupes (marché militaire et de la sécurité) et le tissu des PME (marché du civil).

Les acteurs incontournables de la filière française

La France connaît déjà plusieurs acteurs clés et mondialement reconnus, à l'image des acteurs comme Parrot, Delair Tech et RedBird. La société Parrot est impliquée dans une stratégie d'acquisition intéressante (SenseFly, Airinov, et plus récemment MicaSense et Iconem), cherchant à perfectionner son positionnement dans le domaine de l'agriculture de précision notamment. Cette stratégie, à certains égards, peut être dangereuse pour la pérennité des acteurs français dans ce domaine. En effet, la possibilité pour un acteur unique de stériliser le marché sur certaines applications peut amener un risque réel en cas d'échec de la stratégie mise en place, et de prise du marché par un autre concurrent. Il s'agit cependant d'une consolidation naturelle du marché.

L'agriculture représente une véritable cible stratégique pour Parrot, qui développe également des objets connectés dans le domaine du jardinage. La société cherche notamment à maîtriser l'ensemble des briques technologiques de la chaîne de valeur sur ce type d'applications.

Concernant la vente de vecteur, la société Parrot est présente internationalement avec une dizaine de filiales dans le monde (aux USA, en Chine, en Australie ou aux Émirats arabes unis). À travers sa filiale Pix4D, la société a également un positionnement mondial dans le traitement de données en lien avec l'agriculture (avec une solution qui est même intégrée sur des vecteurs concurrents). Dans la complémentarité de ses différentes offres, Parrot travaille sur un déploiement vertical de son offre dans l'agriculture, avec un focus nécessaire à faire pays par pays, puisque les typologies de cultures et donc de services sont différentes en fonction des zones géographiques (Airinov pour l'Europe, et Micasense aux USA).

Selon Parrot, le secteur du drone permet d'adresser de nombreux segments verticaux d'applications qui impliquent des métiers très différents. Il est ainsi nécessaire d'avoir une spécialisation forte, proche des métiers cibles de ses applications, à l'image de la combinaison de la technologie de SenseFly et de Pix4D qui permet de proposer une solution pour les géomètres en termes de systèmes d'information géographique.

Les grandes zones géographiques d'intérêt restent majoritairement l'Europe et l'Amérique dans son ensemble (Nord et Sud). La démarche de partenariat au niveau de la distribution ou des savoir-faire métiers est essentielle dans une stratégie de déploiement aux yeux de Parrot.

Les constructeurs de vecteurs aériens

D'après l'organisation UVS International⁶⁸ (Blyenburg & Co), il y a en France 34 constructeurs de drones. Le terme constructeur désigne ici une entreprise qui a conçu le drone dans son ensemble. *A contrario*, la DGAC publie une liste de « constructeurs d'aéronefs télépilotes ayant reçu une attestation de conception de type⁶⁹ » : cette dernière inclut les constructeurs tels que définis précédemment, mais aussi certaines entreprises effectuant des modifications mineures sur un drone existant, qu'elles n'ont pas développé. Le Tableau 11 liste les entreprises françaises développant des modèles de drones dans leur intégralité. Lorsque leur chiffre d'affaires est disponible et est directement lié à une activité drone, de 2014 celui-ci est présenté : **hormis les grands groupes aéronautiques, seules trois entreprises dépassent des chiffres d'affaires de 1 million d'euros** : Parrot, Infotron (ECA Group) et Delair-Tech.

Tableau 11 - Constructeurs français de drones (source constructeurs : RPAS ;The Global Perspective - 13th Edition - June 2015, Blyenburg & Co)

Constructeurs	CA 2015 (en milliers d'euros)	Constructeurs	CA 2015 (en milliers d'euros)
ACL Process	110,2	Sagem (Safran)	N/A
Airbus D&S	N/A	SMP Technologies	N/A
AJS	N/A	Stationair	N/A
AUEV Technology	N/A	SurveyCopter (Airbus D&S)	N/A
Bertin Technologies	N/A	Sysveo	255,0
Civic Drone	270,9 (2014)	Thalès	N/A
Dirisolar	N/A	Parrot	129 596,0
Airbus Helicopter	N/A	Infotron (ECA Group)	1 897,8
Gates Technology	N/A	Delair-Tech	1 910,0
Lehmann Aviation	N/A	Vision du Ciel (en cours de liquidation ⁷⁰)	618,6 (2014)
Philae Concept	N/A	Novadem	513,6(2014)
Pixiel	N/A	Delta Drone	1 157,1
Polyvionics	N/A	Eagle View	325,8 (2014)
PR Automation	N/A	Fly-n-Sense	367,2
PY Innovation	N/A	Helipse	180,7 (2014)
R & D Tech France	N/A	Pix-Air & AirStar	127,0(2014)
RFTronic	N/A	Xamen Technologies	112,7

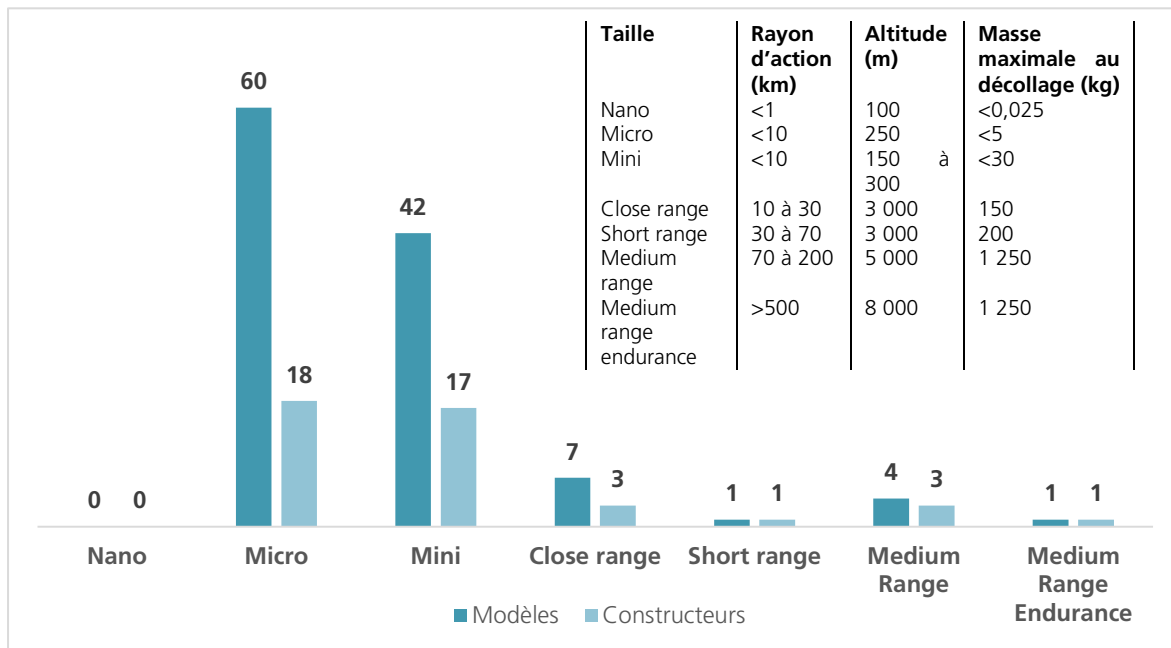
La Figure 18 indique que **la grande majorité des constructeurs développent des micro et mini-drones** (de masse inférieure à 5 et 30 kg, respectivement ; un constructeur peut bien sûr développer des drones de différentes tailles). **De plus, 52 % des modèles produits sont des micro-drones, et 37 % des mini-drones.** Seulement 11 % des modèles produits en France pèsent plus de 30 kg. **Ceux-ci sont exclusivement construits par les grands groupes aéronautiques** (Airbus D&S et Survey Copter, Airbus Helicopters, Sagem Défense Sécurité), à l'exception de Gates Technology dont le modèle est un aérostat.

⁶⁸ UVS International (Unmanned Vehicle Association) promeut la coopération et la coordination internationale dans le domaine des systèmes de drones.

⁶⁹ http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/WEB-CONSTRUCTEURS_DRONES_26_03_2015.pdf

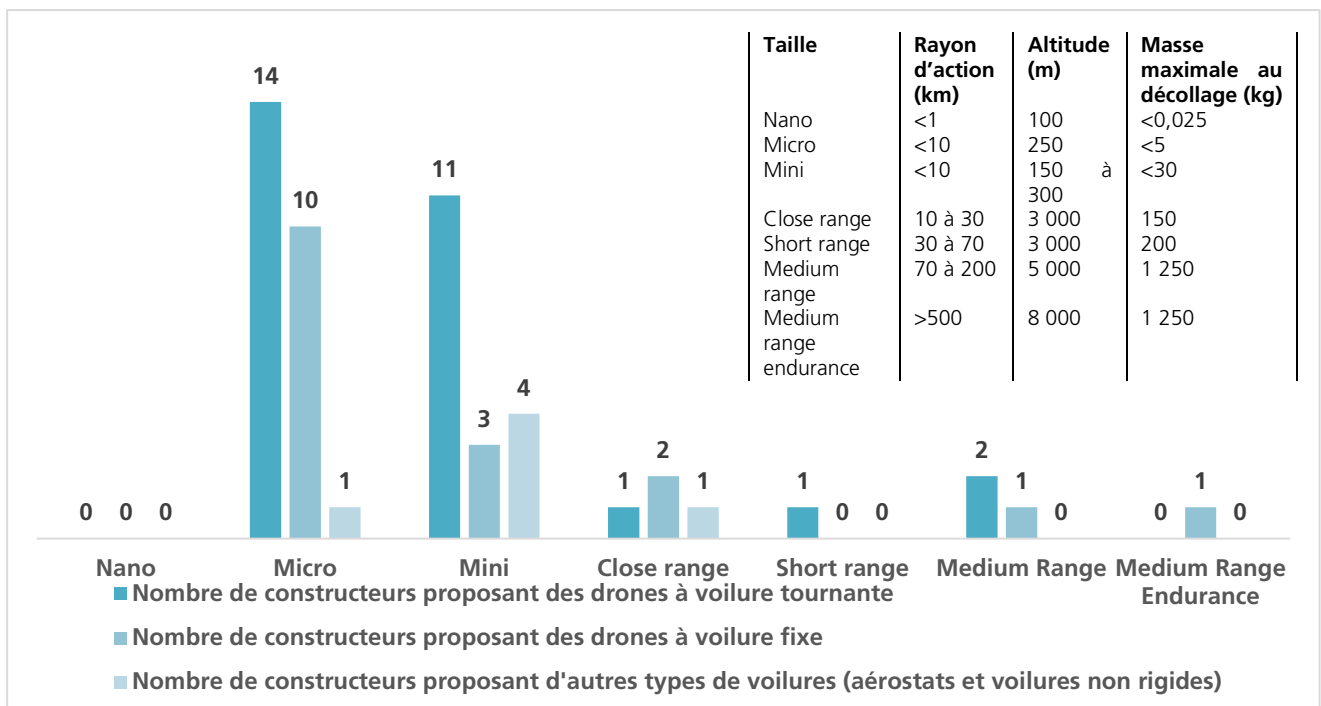
⁷⁰ <http://www.societe.com/societe/vision-du-ciel-industries-534953799.html> , page consultée le 18/11/15.

Figure 18 - Nombre de constructeurs et de modèles français par taille de drones (données issues de RPAS: The Global Perspective - 13th Edition - June 2015, Blyenburg & Co)



La Figure 19 présente la répartition des constructeurs par type de voilure (tournante, fixe ou autre ; un constructeur peut concevoir plusieurs drones ayant des types différents de voilure) : les constructeurs développant des aérostats et drones à voilure non rigide sont très peu nombreux. En revanche, la majorité des constructeurs conçoivent des aéronefs à voilure tournante. La plupart des constructeurs fabriquant des voilures fixes sont actifs dans la catégorie micro.

Figure 19 - Nombre de constructeurs français en fonction du type de voilure, par taille de drones (données issues de RPAS: The Global Perspective - 13th Edition - June 2015, Blyenburg & Co)



Les concepteurs de charge utile (capteurs)

Comme discuté précédemment, l'utilisation principale des drones réside dans l'observation, quel que soit le secteur d'applications. La charge utile se résume donc dans la majorité des cas à des capteurs d'images (appareils photographiques numériques, caméras thermiques, capteurs multispectraux, etc).

D'après une étude Xerfi⁷¹, il y avait en France 562 fabricants d'appareils de mesure (incluant les capteurs optiques) en 2012 ; cette étude signale des profils très variés dans de nombreux domaines comme l'automobile, le médical ou l'énergie. L'entreprise type serait une PME employant une cinquantaine de salariés pour 10 millions d'euros de chiffre d'affaires : du côté des PME spécialisées dans les capteurs optiques non directement liées aux drones, on peut citer **i2s-vision**, **Nextvision** et **Noxant**.

Les capteurs semblent au premier abord pouvoir être considérés comme de simples briques technologiques embarquées dans les drones. Cependant, certains dronistes développent leurs propres capteurs afin de faciliter leur intégration aux outils de cartographie et de pilote automatique ; cela permet également de gagner en spécificité sur une application donnée (agriculture par exemple).

Airinov, entreprise spécialisée dans l'apport de solutions clé en main de cartographie agronomique par drones, a développé en coopération avec l'Inra (Institut National de Recherche Agronomique) son propre capteur multispectral : ce dernier est optimisé pour fonctionner avec les systèmes des drones **Sensefly** (filiale du constructeur Parrot). Sensefly produit par ailleurs sa propre caméra thermique, thermoMAP, conçue pour fonctionner dans la plage d'altitudes 75 – 150 m.

Selon la même logique, **L'Avion Jaune**, spécialiste de la cartographie aérienne a créé son propre LIDAR (télédéttection par laser) , baptisé **YellowScan** : ce dernier est ultra-léger (2,2 kg, comparé aux 20 à 100 kg des LIDARS classiques) et est donc adapté à l'emport dans un drone léger. **Cyleone** conçoit des capteurs légers (domaines visibles, proche infrarouge et infrarouge, pesant entre 400 et 700 g) compatibles pour une utilisation sur drones ; ceux-ci sont un maillon de leur offre **Dronea**, un outil d'acquisition et de gestion pour opérateurs de drones.

La *start-up* **Skeyetech** travaille de son côté sur cinq grands domaines d'expertise (traitement d'image, liaison de données, électronique, intelligence embarquée et mécanique) afin de développer des systèmes dédiés aux drones, tels que sa nacelle d'inspection LIRYX combinant caméra thermique, optique, ainsi que LIDAR.

Au niveau des entreprises multinationales présentes en France, **Safran Electronics and Defense** (groupe Safran) est spécialiste des boules gyrostabilisées électro-optiques **Euroflir** (caméras thermiques, couleurs, multispectrales, très bas niveaux de lumière ; télémètres lasers ; traitement d'image automatique). Ces capteurs sont notamment embarqués dans le drone Patroller qui dispose d'une charge utile de 250 kg. **Thalès** équipe de son côté son drone Watchkeeper en capacités laser, infrarouge et électro-optique. Encore relativement peu présente dans le domaine des drones, **CGG** (Compagnie Générale de Géophysique) demeure un *leader* mondial dans le secteur des capteurs multiphysiques.

⁷¹ La fabrication d'appareils de mesure et de navigation, Xerfi, avril 2015

Tableau 12 - Analyse SWOT - Constructeurs et charge utile

Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> - La France compte de nombreuses <i>start-up</i> qui ont acquis une première reconnaissance internationale. - La société française Parrot construit un futur géant du drone capable de rivaliser avec DJI Technologies (CN) et 3DRobotics (USA). - Capacité d'acteurs, comme SenseFly (société Suisse au capital majoritairement français), à concevoir le drone et sa charge utile, adaptée au vecteur et à l'utilisation (caméra thermique thermoMAP). - Capteurs : réputation internationale de grands noms comme Sagem, Thalès et CGG ; expertise de plusieurs PME françaises dans la conception de capteurs dédiés à l'emport sur drones (YellowScan, Airinov). - Acteurs qui ont une vocation naturelle à s'exporter. 	<ul style="list-style-type: none"> - Les <i>start-up</i> françaises ont des offres qui sont cadrées sur la législation française et qui peuvent avoir peu d'intérêt dans d'autres formats de législation (exemple du S4). - L'avance technologique des acteurs français est faible. - La majorité des constructeurs sont des PME et ne développent pas de volumes d'affaires importants (frein au développement). - Les grands constructeurs de capteurs comme Safran E&D et Thalès sont présents uniquement dans le domaine de la sécurité ; leurs capteurs sont lourds et peuvent difficilement être montés sur de petits drones, qui constituent la majorité de l'offre française.
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> - L'expérience et le savoir-faire accumulés par les <i>start-up</i> françaises constituent un différentiel significatif. - Le développement international de certaines <i>start-up</i> via des partenariats pour la distribution et les savoir-faire métiers. - Développement d'une expertise sur la combinaison vecteur + charge utile, spécifique aux applications 	<ul style="list-style-type: none"> - La consolidation naturelle du marché sur peu de gros acteurs peut conduire à un risque important pour toute la filière si la stratégie de ces grands acteurs échoue au profit des multinationales étrangères. - Offre chinoise dans les catégories micro (<5 kg) et mini-drones (<30 kg).

Les constructeurs de systèmes anti-drones malveillants

Entre le 10 septembre 2014 et fin août 2015, le Secrétariat général de la défense et de la sécurité nationale (SGDSN) a répertorié 78 survols illégaux de drones⁷² (centrales nucléaires, aéroports...). Cela a accéléré le développement des dispositifs anti-drones, capables de les détecter et de les neutraliser. Suite à un appel d'offres de l'État, l'Agence nationale de la recherche (ANR) a sélectionné deux projets en 2015 :

- **Boréades**, un démonstrateur permettant la détection, la poursuite et la neutralisation des drones. Piloté par la société CS Systèmes d'information, le projet implique également HGH Systèmes Infrarouges et SPECTRACOM (spécialiste du GPS). La détection du drone s'effectue à l'aide de capteurs thermiques et visuels. La neutralisation est obtenue en brouillant les signaux GPS et de la télécommande afin de forcer l'appareil à atterrir. Le TRL⁷³ de la technologie est supérieur à 6 (démonstration du système dans un environnement significatif). L'aide de l'ANR s'élève à 409,2 k€.
- **Angelas** (ANalyse Globale et Évaluation des technologies et méthodes pour la Lutte Anti-UAS) est un partenariat public-privé rassemblant l'Onéra, Thalès (TCS), Exavision, Télécom Sud Paris, EDF, CEA. Ce projet de développement expérimental a pour but la détection de drones par corrélation multicapteurs, ainsi que la reconnaissance et l'identification à portée de quelques kilomètres. Les technologies employées incluent les radars, la goniométrie, l'optronique et l'acoustique. Le projet combine des technologies éprouvées (optronique de TRL 8) avec des technologies émergentes (imageur laser 2D/3D et radar DVB passif de TRL 3-4). L'aide de l'ANR s'élève à 615,6 k€.

Airbus D&S a également développé un système anti-drones combinant radar et caméra infrarouge, capable de détecter un drone dans un rayon de 5 à 10 km. La neutralisation s'effectue en brouillant le signal radio entre le pilote et l'appareil. Dans le cas d'un drone autonome, c'est le signal GPS qui est perturbé.

Seolane Innovation propose de son côté **Drone'Int**, un drone qui détecte, localise et neutralise les appareils intrus. La détection se base sur la signature électromagnétique du drone malveillant. Une caméra embarquée visible et infrarouge se charge ensuite de la localisation et du suivi, effectués de façon automatique. Le brouillage des communications permet la neutralisation.

DroneWatch, développé par la *start-up* **CerbAIR** est un petit détecteur de drones s'appuyant sur des caméras stéréoscopiques. Le rayon de détection est de 100 mètres. Dans le futur, le système devrait également intégrer une technologie acoustique.

JCPX Development, en partenariat avec le spécialiste des technologies **Radar Aveillant** a développé un radar capable de détecter et identifier des drones de petite taille sur des distances jusqu'à 8 km.

Finalement, **Malou Tech** capture les drones malveillants à l'aide de filets, au sol ou embarqués à l'aide de drones pilotés à vue ou en immersion.

Opérateurs et exploitants

Les opérateurs de drones sont aujourd'hui constitués de deux grandes catégories d'acteurs : les sociétés privées chargées d'opérer sur des applications précises grâce à un effectif dédié, et les opérateurs indépendants qui proposent localement leurs services en tant que prestataires, pour des applications variées.

Les sociétés privées, à l'image d'Air Marine, sont généralement spécialisées sur un domaine d'activité spécifique, qui peut être ou non lié à une activité historique (la surveillance par avion dans le cas d'Air Marine). Pour les acteurs historiques, l'implication dans la filière drones peut arriver naturellement, le développement des nouveaux services venant affecter directement leur activité initiale.

⁷² La course aux dispositifs anti-drones ne fait que commencer, Les Échos, 21/04/2016.

⁷³ Technology Readiness Level : niveau de maturité technologique.

La démocratisation progressive des usages fait ainsi émerger un certain nombre de sociétés d'opération, spécialisées sur des applications précises en fonction de leur domaine d'activité initial. Cette typologie d'acteurs se positionne dans un premier temps sur le territoire national, et s'inscrit dans la chaîne de valeur disponible localement (notamment au niveau du vecteur et de la charge utile utilisée).

Les aspects de traitement de données sont intégrés ou non à la prestation, selon le niveau d'exigence et d'attente du client, en fonction de son besoin. Certains possèdent les compétences afin de réaliser l'interprétation des données. C'est notamment le cas lorsque le drone permet d'améliorer les procédures existantes, ou de modifier les méthodologies d'opération. Au contraire, lorsque le service associé à l'usage du drone apporte un service de rupture avec l'existant, le besoin d'accompagnement sur la donnée peut être plus grand.

Ces acteurs, de par leur nature et leur positionnement ancré dans les territoires, peuvent assez difficilement s'impliquer dans une stratégie de développement à l'international. Cela demande en effet un certain niveau d'expérience, permettant d'apporter un véritable différentiel dans une stratégie de développement à l'export. De plus, il reste à l'heure actuelle beaucoup de challenges et d'opportunités pour ces acteurs sur le marché national.

La mise en place d'un développement à l'export impliquerait obligatoirement une stratégie de réseau et de développement de partenariats, face aux opportunités du marché. Les opérateurs cherchent à travailler avec des solutions opérationnelles fiables et éprouvées afin d'assurer une qualité de service, ce qui limite leur capacité à innover. Ils sont davantage positionnés sur la diffusion de l'offre, d'un point de vue opérationnel.

Analyse statistique :

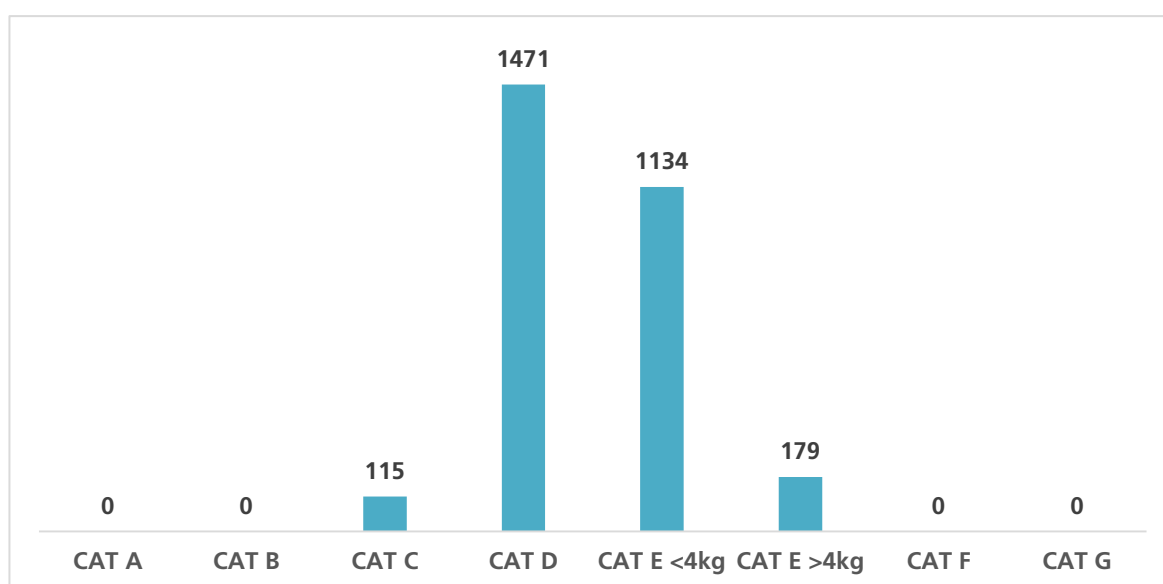
D'après les données fournies par la DGAC, les exploitants de drones en activités particulières (observation, surveillance, photographie, agriculture, largage, et autres) sont 2 151 en France (novembre 2015⁷⁴). La Figure 20 montre qu'environ 70 % d'entre eux utilisent des drones de catégorie D (masse inférieure à 2 kg), et 50 % des catégories E (masse comprise entre 2 et 25 kg) de moins de 4 kg (un exploitant peut utiliser des drones de plusieurs catégories différentes).

Moins de 8 % des exploitants utilisent des drones de catégorie E supérieurs à 4 kg ; seulement 7 % utilisent des appareils de catégorie C (aéronefs captifs).

Il n'y a pas d'exploitant en catégorie F (masse comprise entre 25 et 150 kg) et G (masse supérieure à 150 kg) : en effet, les exploitants de gros drones de masse supérieure à 150 kg évoluent dans le secteur de la sécurité ou le secteur militaire, et ne peuvent pas figurer dans la liste des exploitants en activités particulières de la DGAC.

On constate donc que les petits drones de masse inférieure à 4 kg constituent la grande majorité des machines exploitées.

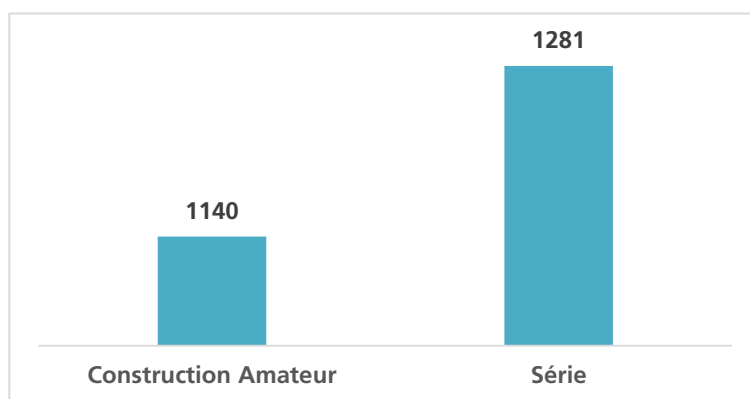
Figure 20 - Nombre d'exploitants en activités particulières par catégorie de drones utilisés (Analyse effectuée à partir de données DGAC)



⁷⁴ Les catégories et les scénarios mentionnés dans cette section de texte sont ceux en vigueur avant le 17 décembre 2015.

D'après la Figure 21, il y a environ autant d'exploitants utilisant des drones de construction amateur que de série.

Figure 21 - Nombre d'exploitants en activités particulières selon le type de construction du drone utilisé (Analyse effectuée à partir de données DGAC)



La Figure 22 montre que la majorité des exploitants évoluent selon les scénarios S1 et S3 (**99 % évoluent en S1** et 85 % en S3 ; un exploitant peut évoluer selon plusieurs scénarios différents). Ces scénarios correspondent à des évolutions **en vue directe** du télépilote : le scénario S1 correspond à des opérations hors zone peuplée, tandis que le S3 implique des opérations en agglomération ou à proximité de personnes.

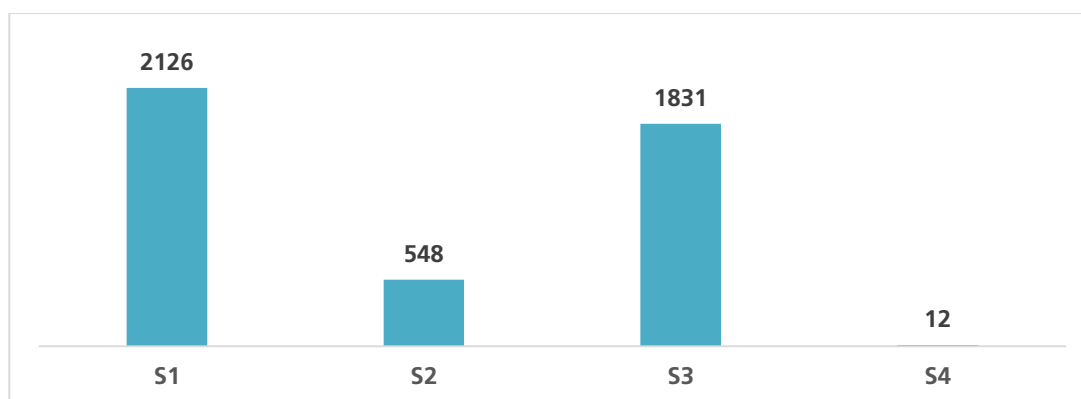
25 % évoluent selon le scénario S2 (hors vue directe dans un rayon horizontal de 1 km, voir Figure 22). **Seuls 12 exploitants évoluent selon le scénario S4 (hors vue directe** et ne répondant pas aux critères du scénario S2) :

- Aeromapper (CA: 3 900 euros en 2014)
- Air Marine (CA : 1 831 600 euros en 2013)
- Delair Tech (CA : 1 205 600 euros en 2014)
- Delta Drone (CA : 460 100 euros en 2014)
- Drone 05 (CA : N/A, début de l'activité en 2015)
- Dronop-TIC SAS (CA : N/A, début de l'activité en 2014)
- Locatep (CA : 1 889 500 euros en 2014)
- Rectimo Air Transports (CA : 2 745 300 euros en 2015)
- Redbird France (CA : de l'ordre de quelques millions d'euros⁷⁵)
- RPL Vision (CA : 15 300 euros en 2014)
- SkyBirdsView (CA : N/A, début de l'activité en 2015)
- SNCF

Hormis quelques exceptions, les opérateurs qui évoluent en scénario S4 réalisent des chiffres d'affaires relativement élevés (RedBird, Delair Tech et SNCF sont des entreprises mondialement connues). Le S4 est exigeant et le drone est coûteux. Une petite société peut donc difficilement se le permettre.

⁷⁵ Comment Redbird veut devenir le leader des drones civils en France, Challenges.fr, 18/06/2014.

Figure 22 - Nombre d'exploitants en activités particulières par scénario (Analyse effectuée à partir de données DGAC)



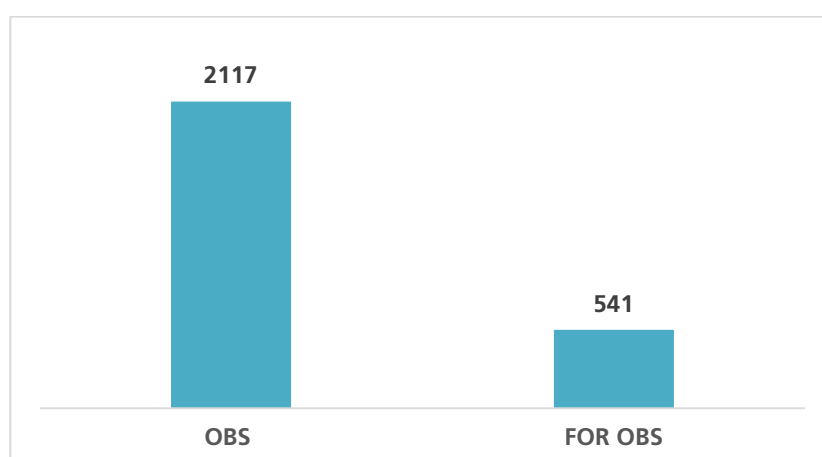
Comme l'indique la Figure 23, 98 % des exploitants utilisent leurs drones pour des activités d'observation et de surveillance aérienne, de photographies ou de relevés ; 25 % effectuent de la formation à cette activité. Pour des raisons de lisibilité du graphique, les activités autres que l'observation sont présentées Figure 24. Ces activités (l'épandage agricole, le largage, la publicité et les autres) restent marginales (moins de 2 % des exploitants utilisent leurs drones pour des applications dans ces domaines).

Il est à noter que le symbole AGR désigne les traitements agricoles, phytosanitaires ou de protection sanitaire et les autres opérations d'épandage sur le sol ou de dispersion dans l'atmosphère (l'épandage aérien de produit phytosanitaire est cependant interdit depuis le 1^{er} septembre 2016 ⁷⁶). **Si un drone agricole est utilisé pour de l'observation et non de l'épandage, l'exploitant est référencé en catégorie OBS : cela explique la proportion des exploitants dans cette catégorie.** L'historique présenté peut donc donner une vision trompeuse de la répartition des applications.

Dans tous les domaines d'applications, la formation demeure une activité secondaire (voir Figure 16).

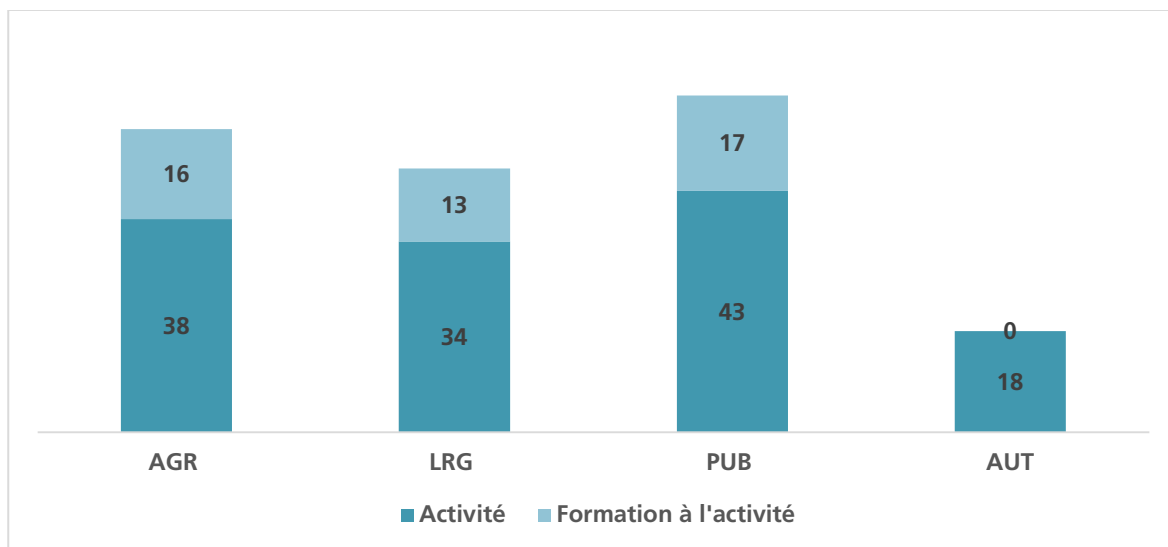
La conclusion principale à tirer de l'analyse des Figure 23 et Figure 24 est que l'utilisation majoritaire des drones demeure le recueil de données, même si ceux-ci sont exploités dans des domaines relativement spécifiques (agriculture ou autres).

Figure 23 - Nombre d'exploitants en activités particulières pour les applications OBS (activités d'observation et surveillance aérienne, photographies ou relevés) et FOR OBS (formation à l'activité OBS), Analyse effectuée à partir de données DGAC



⁷⁶ Vente en libre-service, épandage aérien : ce qui change au 1^{er} janvier 2016, <http://www.lafranceagricole.fr/actualites/phytos-vente-en-libre-service-epandage-aerien-ce-qui-change-au-1er-janvier-2016-1,0,261073665.html>

Figure 24 - Nombre d'exploitants en activités particulières par application, hors observation (Analyse effectuée à partir de données DGAC)



Légende :

- (AGR) Les traitements agricoles, phytosanitaires ou de protection sanitaire et les autres opérations d'épandage sur le sol ou de dispersion dans l'atmosphère ;
- (FOR-AGR) Formation à l'activité AGR ;
- (LRG) Le largage de charges de toute nature ;
- (FOR-LRG) Formation à l'activité LRG ;
- (PUB) Le remorquage de banderoles ou toute forme de publicité ;
- (FOR-PUB) Formation PUB ;
- (OBS) Les relevés, les photographies, les observations et la surveillance aérienne qui comprend la participation aux activités de lutte contre l'incendie ;
- (FOR-OBS) Formation à l'activité OBS ;
- (AUT) Toute autre activité nécessitant une dérogation aux règles de l'air ;
- (FOR-AUT) Formation à toute autre activité nécessitant une dérogation aux règles de l'air.

Tableau 13 - Analyse SWOT - opérateurs de drones

Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> - Capacité à proposer une offre de services intégrant un aspect sur le traitement de la donnée - 26 % des opérateurs utilisent des engins en mode hors vue; 12 opérateurs autorisés en S4 (hors vue > 1 km) 	<ul style="list-style-type: none"> - Les <i>start-up</i> françaises ont des offres qui sont cadrées sur la législation française et qui peuvent dans certains cas avoir peu d'intérêt dans d'autres formats de législation (exemple du S4) - Acteurs qui sont peu voués au développement international - Trop d'opérateurs sur la prise de vues aériennes - Forte atomisation
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> - L'expérience et le savoir-faire accumulés par les <i>start-up</i> françaises sont des facteurs différenciants majeurs - Développement à l'international par effet de réseaux - Certains pays étrangers ont un besoin d'opérateurs qualifiés comme en Afrique 	<ul style="list-style-type: none"> - Forte probabilité de concentration des acteurs si le marché ne s'ouvre pas davantage

Les assureurs

En matière d'assurance liée aux drones, l'Union européenne souhaite implémenter un cadre clair. Jusqu'à présent, les assurances « responsabilité civile » étaient essentiellement conçues pour des aéronefs avec équipage. La commission étudie donc la possibilité de modifier les règles existantes pour prendre en compte les spécificités des drones et favoriser l'essor d'un marché d'assurance spécifique.⁷⁷

De nombreuses assurances possédant des offres spécifiques aux drones étaient déjà présentes dans le domaine de l'aviation générale, comme SAAM, Air Courtage, Assurance Aviation et la Réunion Aérienne ; plus spécifiques aux drones, on peut citer VB Assurances et CFAD. Enfin, de grands noms comme Axa et Allianz font leur apparition dans le secteur.

À l'heure actuelle, les offres consistent majoritairement en responsabilités civiles couvrant les risques de dommages causés à des tiers. Très peu de propositions sont effectuées concernant les dommages propres aux appareils et à la charge utile. Cela s'explique par l'immaturation de la filière drones, qui empêche les assurances de se baser sur des données nombreuses et fiables.

⁷⁷ La Commission européenne préconise des normes strictes pour réglementer l'utilisation des drones civils, Commission européenne, 8 avril 2014.

Acteurs publics ou privés structurants pour la filière à l'échelle nationale

Les acteurs **publics** de la filière française du drone sont principalement issus du domaine de l'aéronautique :

- La **DGAC** (Direction Générale de l'aviation Civile) : elle a pour mission de « garantir la sécurité et la sûreté du transport aérien en plaçant la logique du développement durable au cœur de son action. Elle traite de l'ensemble des composantes de l'aviation civile : développement durable, sécurité, sûreté, contrôle aérien, régulation économique, soutien à la construction aéronautique, aviation générale, formation aéronautique... ». La DGAC est responsable de la réglementation française pour les drones de moins de 150 kg. Au-delà de cette masse, la réglementation est harmonisée à l'échelle européenne par l'Agence européenne de la sécurité aérienne.
- L'**Onéra** (Office national d'études et de recherches aérospatiales) : cet organisme met ses compétences et ses moyens d'expérimentation à la disposition des différents industriels, institutions et agences de programmes. L'Onéra est en particulier actif dans la recherche sur les systèmes de drones ; il a notamment signé un partenariat de 4 millions d'euros sur cinq ans avec la SNCF pour la surveillance de 30 000 km de voies ferrées⁷⁸.
- L'**Académie de l'air et de l'espace** (AAE) : association d'utilité publique créée en 1983 sous le patronage des ministres de l'Industrie et de la Recherche, de la Défense, de l'Éducation nationale et des Transports. Elle a pour but de favoriser le développement d'activités scientifiques, techniques, culturelles et humaines dans les domaines de l'air et de l'espace. Elle a coorganisé avec l'Association aéronautique et astronautique de France (3AF) le colloque « Présent et futur des drones civils » en novembre 2014.
- L'**Association aéronautique et astronautique de France** (3AF) : fortement liée aux industries aéronautique et spatiale, elle constitue une tribune pour ses membres et une importante source d'informations spécialisées. Elle a coorganisé avec l'AAE le colloque « Présent et futur des drones civils » en novembre 2014.

D'autres acteurs publics ont des compétences plus transversales qui recouvrent en particulier le secteur du drone civil :

- La **DGE** (Direction générale des Entreprises) : placée sous l'autorité du ministre de l'Économie, de l'Industrie et du Numérique, elle a pour mission d'élaborer et de mettre en œuvre les politiques publiques relatives à l'industrie, à l'économie numérique, au tourisme, au commerce, à l'artisanat et aux services. Elle pilote ainsi des politiques transversales telles que la politique des pôles de compétitivité axée sur la diffusion de l'innovation dans les territoires, ou encore l'initiative French Tech axée sur le développement des écosystèmes de *start-up*. Plus spécifiquement, dans le secteur du drone civil, elle veille à la bonne articulation entre les travaux du Conseil pour les drones civils et ses propres actions de soutien au développement de briques technologiques génériques issues de domaines connexes (moteurs, batteries, composants électroniques, équipements de mission embarqués et sol, systèmes de télécommunications...). Enfin, la DGE est en charge de la mise en œuvre du contrôle des exportations de biens à double usage et en particulier des drones.
- La **DG Trésor** : elle a pour mission d'élaborer et de mettre en œuvre les politiques économiques et les politiques publiques dans les domaines financier, social et sectoriel. Elle veille en particulier à la régulation et au financement de l'économie et des institutions intervenant en matière d'assurance, de banque et d'investissement sur les marchés financiers. Acteur important en matière de commerce extérieur, elle définit et veille à la mise en œuvre des outils de soutien à l'export et à l'investissement à l'étranger des entreprises.

Par ailleurs, il est important de souligner la création d'une association fédérant les **acteurs privés et institutionnels** du secteur du drone français :

- La **Fédération professionnelle du drone civil** (FPDC) : la FPDC fait suite à la création de la réglementation en 2012 par la DGAC. Fondée en 2013 par quatre industriels (Delair-Tech, Infotron, RedBird et Azurdrones), elle œuvre en tant que représentant des acteurs de la filière auprès des organismes associés au contexte réglementaire national et international (DGAC, Aesa et OACI) d'une part, mais également des autres syndicats et fédérations professionnelles d'autre part. Pour ses adhérents, la fédération a vocation à consolider la filière, en favorisant les échanges entre donneurs d'ordres et parties prenantes notamment. La FPDC a avant tout un rôle de support et

⁷⁸ La SNCF et l'Onéra s'unissent pour développer des drones de surveillance des 30 000 kilomètres de voies, L'Usine Nouvelle, 25 février 2015.

d'accompagnement de la valorisation des projets sur des aspects consultatifs. Elle émet un avis sur les orientations globales au niveau de la chaîne de valeur de la filière.

- Deux autres organisations liées aux drones sont à signaler : le Syndicat national des pilotes professionnels de drones civils (SNPPDC) et la Fédération française de drone (FFD).

Enfin, il convient de noter la mise en place récente d'une instance de structuration de la filière issue d'une initiative **publique-privée** :

- Le **Conseil pour les drones civils** : créé en 2015, le CDC est une instance de dialogue interne à la filière rassemblant les principaux acteurs publics et privés. Il est composé de représentants de la FPDC, du Gifas, de constructeurs et opérateurs de drones, des Pôles ASTech, Aerospace Valley et SAFE, de l'Onéra et de l'ISAE ainsi que de l'État (DGAC, DGE, DGA). Il est organisé autour d'un comité exécutif et de trois comités techniques (CT) :
 - o CT1 « Opérations, réglementations et usages », qui est en charge des questions relatives aux usages des drones civils (identification des marchés et perspectives, propositions de méthodologies partagées...), au retour d'expérience, à l'utilisation et à la protection des fréquences, au suivi et à l'analyse du cadre réglementaire relatif aux scénarios d'usages et à l'espace aérien, à la formation des télépilotes ;
 - o CT2 « Technologies et sécurité », qui est en charge des questions relatives aux briques technologiques « certifiables » (liées aux vecteurs, stations sol ou liens sol-bord), aux équipements de mission, aux moyens d'essais et de démonstration, au suivi et à l'analyse du cadre réglementaire relatif au vecteur (navigabilité, certification) et aux équipements de mission ;
 - o CT3 « Soutien et promotion de la filière », qui est en charge des questions relatives au soutien à l'export, à la promotion de la filière, notamment les actions de communication et de pédagogie, à l'accès aux financements pour la filière, aux assurances, à la protection des données personnelles, à l'acceptabilité des drones.

Acteurs publics ou privés structurants pour la filière à l'échelle régionale

À l'échelle régionale, les pôles de compétitivité rassemblent différents acteurs économiques (entreprises, laboratoires de recherche et établissements de formation) autour d'une même thématique, en collaboration avec les pouvoirs publics nationaux et locaux. Les pôles de compétitivité sont impliqués dans une action globale de pérennisation de l'écosystème et de son développement, afin d'identifier les besoins et les marchés potentiels, aussi bien sur le territoire national qu'à l'export.

Au sein d'un pôle de compétitivité, les entreprises et les institutions partageant un intérêt pour les drones et possédant des domaines de compétences semblables peuvent se regrouper à l'intérieur d'une zone géographique restreinte en « clusters drones ». Les régions les plus actives sont l'Île-de-France, PACA, Midi-Pyrénées et l'Aquitaine, comme le montre la Figure 25. Il est intéressant de comparer cette dernière à la Figure 25, qui décrit la répartition des effectifs (membres du Gifas) de l'industrie aéronautique française : les trois pôles de compétitivité principaux liés aux drones sont situés dans les régions où l'industrie aéronautique est très représentée. Les trois pôles de compétitivité principaux sont les suivants :

- **ASTech Paris Région** est un pôle de compétitivité aéronautique localisé en Île-de-France :
 - o Avec la présence du groupe Airbus, de Dassault Aviation, Safran, Astrium, le Cnes et l'ESA, l'Île-de-France représente la zone d'activité principale du territoire français dans les secteurs aéronautique et spatial.
 - o Le pôle est impliqué dans le projet de création du **cluster drone Île-de-France**, à Brétigny-sur-Orge. Le projet d'ouverture de ce *cluster* sur l'ancienne base aérienne BA217 a été lancé en juin 2015. Il sera spécialisé dans les domaines de la sécurité, de la sûreté et de la défense.
- **Aerospace Valley (Midi Pyrénées - Aquitaine)** est un pôle de compétitivité aéronautique intégrant deux *clusters* :
 - o **AETOS**, le *Cluster* Aquitain de Services et Systèmes de drones, un réseau de compétences de haut niveau pour le développement et l'exploitation des systèmes de drones
 - o **CESA drones** (Gironde), un centre d'essais et de services dédié aux essais en vol et au développement de systèmes autonomes, affilié au technopôle Bordeaux Technowest

- **Le Pôle SAFE**, pôle de compétitivité aéronautique en région PACA, qui regroupe trois sites d'excellence au sein du « Provence UAS Network » :
 - **Le Technopôle Pégase**, une zone d'implantation destinée à des fabricants et des exploitants de petites machines à Avignon, avec un accès piste pour essais
 - **Le Technopôle de la mer**, un espace tertiaire pour l'implantation d'entreprises orientées sur l'ingénierie et les systèmes embarqués et une plateforme recherche et développement à Toulon
 - **Le cluster drones CEEMA** (Centre d'études et d'essais pour modèles autonomes), unique centre privé français de développement, d'essais et d'expertise dans les modèles autonomes de moins de 150 kg, à Saint Maximin/Pourrières.

Les acteurs des différents pôles de compétitivité tendent à se coordonner. Chacun possède ses propres spécificités au niveau des orientations des projets, et des concertations internes permettent de s'assurer qu'ils ne soutiennent pas tous des projets similaires. La complémentarité à ce niveau entre les actions réalisées semble essentielle, mais reste aujourd'hui informelle.

La DGE, qui pilote la politique des pôles de compétitivité, leur a par ailleurs demandé d'approfondir les coopérations afin d'agir de manière concertée au bénéfice de la filière drones. La démarche a notamment permis d'élaborer une matrice de coopération prévoyant un certain nombre d'actions communes entre les différents pôles, ainsi qu'un engagement d'informations sur les actions respectives de chacun. Les collaborations seront essentielles à l'avenir, afin de mettre en avant une stratégie nationale dans l'émergence de projets de recherche collaboratifs complémentaires impliquant les acteurs de la filière, en lien notamment avec la FPDC, les industriels ou les centres de recherche.

Acteurs académiques

Dans le cadre de partenariats avec les entreprises *via* notamment les pôles de compétitivité et *clusters*, certaines écoles d'ingénieurs ou les universités sont par ailleurs particulièrement impliquées dans les travaux de recherche sur les drones :

- **Bordeaux INP-ENSEIRB**, partenaire du *cluster* AETOS propose un module « Systèmes de drones » ;
- L'**Énac** (École nationale de l'aviation civile) propose un programme spécialisé dans la conception des drones civils et est membre du *micro-aerial vehicle research Center* de Toulouse ;
- L'**Énséa** (École nationale supérieure de l'électronique et de ses applications), partenaire du Ceema ;
- L'**Ésigetel** (École supérieure d'ingénieurs en informatique) propose une formation sur les drones et les drones ;
- L'**Isae/Supaéro** (Institut supérieur de l'aéronautique et de l'espace) possède un département de recherche « aérodynamique et propulsion des micro-drones ». Il est membre du *micro-aerial vehicle research Center* de Toulouse ;
- **Mines-ParisTech** est impliquée dans le projet Drone4U dont le but est l'évolution autonome de drones à l'intérieur de bâtiments ;
- Le **Laas – Cnrs** (Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes du centre national de la recherche scientifique) : cette entité est partenaire du projet européen ARCAS (*aerial robotics cooperative assembly system*) et est membre du *micro-aerial vehicle research Center* de Toulouse ;
- Le **GIS Micro-Drones (micro-aerial vehicle research Center)** de Toulouse est un centre multidisciplinaire destiné à promouvoir et fédérer les acteurs publics de la recherche portant sur les micro-drones en région toulousaine ;
- L'**Onéra** (Office national d'études et de recherches aérospatiales) : cet organisme met ses compétences et ses moyens d'expérimentation à la disposition des différents industriels, des institutions et des agences de programmes. Il est membre du *micro-aerial vehicle research Center* de Toulouse ;
- L'**UTC** (Université de technologie de Compiègne) contribue au projet de drones hétérogènes coopérant en flottille (Airmes) grâce à son laboratoire Heudiasyc, en collaboration avec le Cnrs (Centre national de la recherche scientifique), la SNCF, EDF, Eurogiciel et AeroSurveillance ; L'**UPMC** (Université Pierre et Marie Curie), *via* sa chaire de robotique, mène des travaux de recherche afin d'augmenter les capacités des micro-drones autonomes dans les domaines de la surveillance et de l'inspection de structures. La recherche est axée sur la modélisation/commande, la fusion multicapteurs et la navigation.

Figure 25 - Cartographie des principaux partenaires publics-privés liés aux drones possédant une forte dimension locale⁷⁹

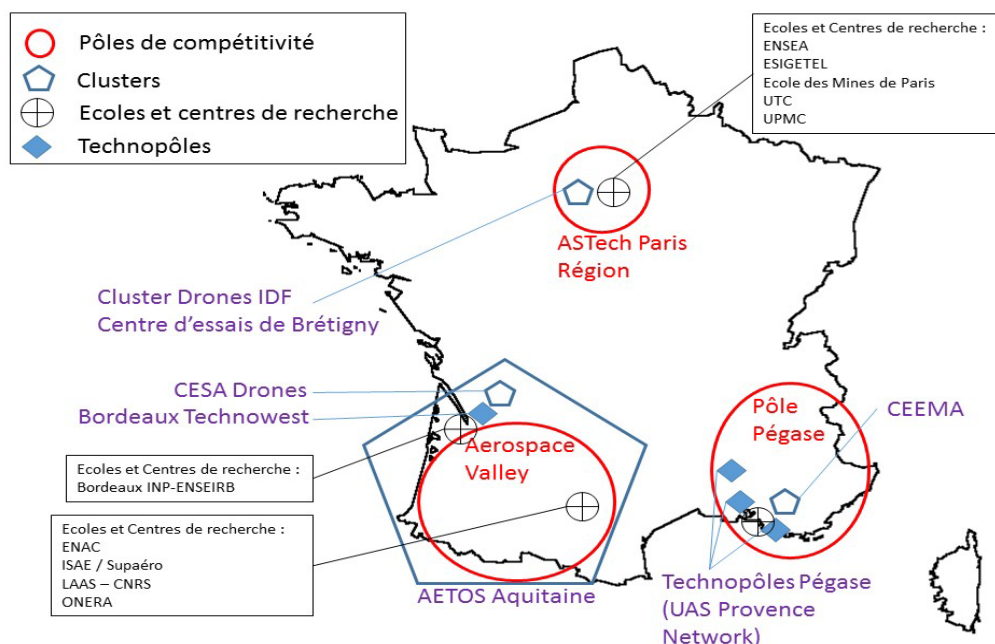
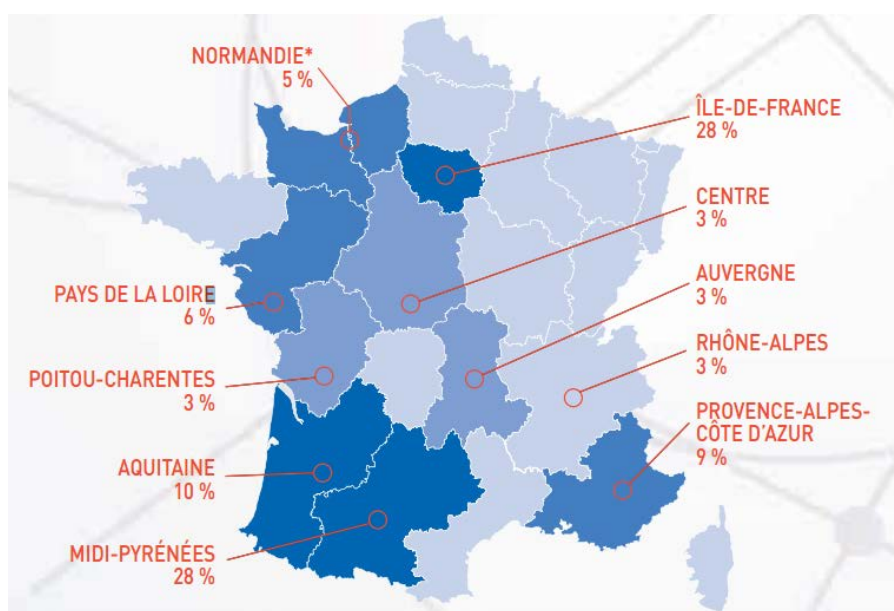


Figure 26 - Répartition des effectifs en France dans les sociétés membres du Gifas en 2014⁸⁰



⁷⁹ Source : Tech2Market.

⁸⁰ Source : Gifas.

Forces et faiblesses du tissu économique français : La perception des acteurs français du drone

Forces :

Le territoire français regorge de compétences techniques indispensables à l'élaboration des nouvelles offres. Il est ainsi tout à fait possible de structurer une nouvelle offre sur le territoire en s'appuyant uniquement sur les compétences localement disponibles, notamment en lien avec la filière aéronautique existante, ce qui peut permettre à la filière française du drone civil de s'appuyer sur une solide base industrielle, sur un réseau de sous-traitance bien établi, et de bénéficier d'une notoriété existante sur les marchés internationaux.

Faiblesses :

Le tissu économique français est composé majoritairement de PME, les ETI étant largement sous-représentées dans l'environnement économique national. Les PME industrielles impliquées dans le développement de la filière ne sont cependant pas les mieux placées pour porter une stratégie de développement à l'international, par un manque de moyen financier notamment. En effet, trop peu de PME s'investissent aujourd'hui dans des projets collaboratifs à vocation internationale pour plusieurs raisons :

- Les acteurs ne possèdent pas les ressources humaines nécessaires pour s'impliquer suffisamment dans de tels projets ;
- Par manque de trésorerie, ils ne possèdent pas les moyens financiers pour porter de tels projets ;
- Les projets collaboratifs impliquant de grands groupes s'étendent sur des calendriers allant de deux à trois ans. Le retour sur investissement de tels projets est ainsi bien trop lointain pour ces acteurs.

Points forts de la filière française du drone civil à l'export vis-à-vis des exigences de sécurité et de fiabilité

Difficulté de l'exercice d'évaluation des forces et faiblesses de la filière française

L'analyse précédemment montre que la filière française drones s'est principalement développée pour l'exécution des missions permises par la DGAC, avec une préoccupation très limitée des problèmes d'intégration dans l'espace aérien (le vol est pratiqué en vue ou hors vue avec une limitation de masse telle que la collision avec un autre aéronef ou avec une personne au sol reste « acceptable »). Quelques expérimentations pour mise au point ont été faites en suivi de linéaire avec des drones plus gros mais avec des limitations quant au survol de personnes et moyennant une ségrégation de l'espace aérien.

Aller au-delà de ces premiers pas signifie une prise en compte de la sécurité d'utilisation des systèmes de drones, sécurité qui va être cadrée par une réglementation en cours de définition au niveau européen.

Il est néanmoins possible de se faire une première idée des challenges à surmonter, comme décrit dans les paragraphes qui suivent.

Qu'avons-nous à exporter ?

La filière française des drones peut exporter plusieurs types de matériels et de services :

1. système de drone complet (RPA + RPS + liaison de données), hors charge utile ;
2. équipement de bord de sécurité pour drone ;
3. équipement au sol pour système de drone ;
4. composant pour système de drones ;
5. service utilisant un système de drones ;
6. charge utile pour drones ;
7. services permettant de traiter les données recueillies par un système de drones.

Les points 6 et 7 ne sont pas concernés par la présente analyse car ils ne sont pas liés à des enjeux technologiques ou opérationnels de sécurité d'utilisation. Nous allons donc étudier les points 1 à 5.

Système de drone complet, hors charge utile

Comme indiqué précédemment, les drones, selon le « sérieux » de leur définition, vont recevoir des « grades » qui leur permettront d'être utilisés dans l'une des catégories prévues par l'Aesa.

L'exportation de systèmes de drones français sera donc d'autant plus large que la filière proposera sur le marché des systèmes conformes à cette réglementation (niveau de sécurité garanti) avec un bon niveau de performance et à un coût acceptable.

Le problème actuel est que la réglementation Aesa est encore en cours de définition. Il est cependant possible de concevoir d'ores et déjà des systèmes dans l'esprit de cette future réglementation, en s'appliquant à penser une conception des systèmes qui garantit une sécurité d'utilisation acceptable. Il est par exemple vraisemblable que les véhicules équipés d'une motorisation qui n'autorise pas la perte d'un moteur sans *crash* ne soit jamais autorisés à survoler de façon routinière des populations (cas des quadricoptères en voilure tournante et des monomoteurs à aile fixe).

Des niveaux de sécurité de fonctionnement (robustesse à la défaillance) vraisemblablement aussi, voire plus sévères que ce qui sera exigé pour le survol de personnes et de biens peuvent être nécessaires.

Un exemple de matériel spécifique proposé sur le marché est le drone ATEX vendu par la société XAMEN Technologies. Elle a conçu un drone pour le rendre utilisable en atmosphère explosible. Ce drone respectant la norme ATEX zone 2 (voir Tableau 14) constitue un atout de la filière française à l'export XAMEN Technologies a toujours pour objectif de le rendre utilisable en atmosphère explosive zone 0 et 1.

Tableau 14 - Normes ATEX⁸¹

Catégorie	Degré de sécurité	Exigence de conception	Application	Zone ciblée
1 (Non programmé)	Très haut degré de sécurité	Deux systèmes de protection ou de sécurité pour deux fautes indépendantes	Zone où l'atmosphère explosive est présente en permanence ou sur de longues périodes ou fréquemment	Zone 0 (gaz) et Zone 20 (poussière)
2 (Q3 2015)	Haut degré de sécurité	Sécurité assurée dans le cas de perturbations et/ou lors d'opérations courantes	Zone où l'atmosphère explosive est régulièrement présente ou susceptible de se présenter occasionnellement	Zone 1 (gaz) et Zone 21 (poussière)
3 (Q1 2015)	Degré de sécurité normal	Sécurité assurée pour les opérations courantes	Zone où l'atmosphère explosive est peu présente et/ou de courte durée	Zone 2 (gaz) et Zone 22 (poussière)

Équipement de bord de sécurité pour drones

Detect & avoid (détection et évitement d'autres aéronefs en vol)

Comme indiqué précédemment, la définition de ce système apparaît comme très difficile. En effet, en plus des difficultés évoquées plus haut, les exigences au niveau de la sécurité de fonctionnement de cet équipement seront particulièrement hautes (sa défaillance est critique pour la sécurité du vol).

De tels équipements sur catalogue n'existent pas *a priori*. Des industriels français ont participé au projet MIDCAS de l'agence de défense européenne, projet qui a donné lieu à la fabrication d'un démonstrateur partiel, mais il s'agit d'un système volumineux et lourd non transposable sur petit drone.

Évitement d'obstacles au sol

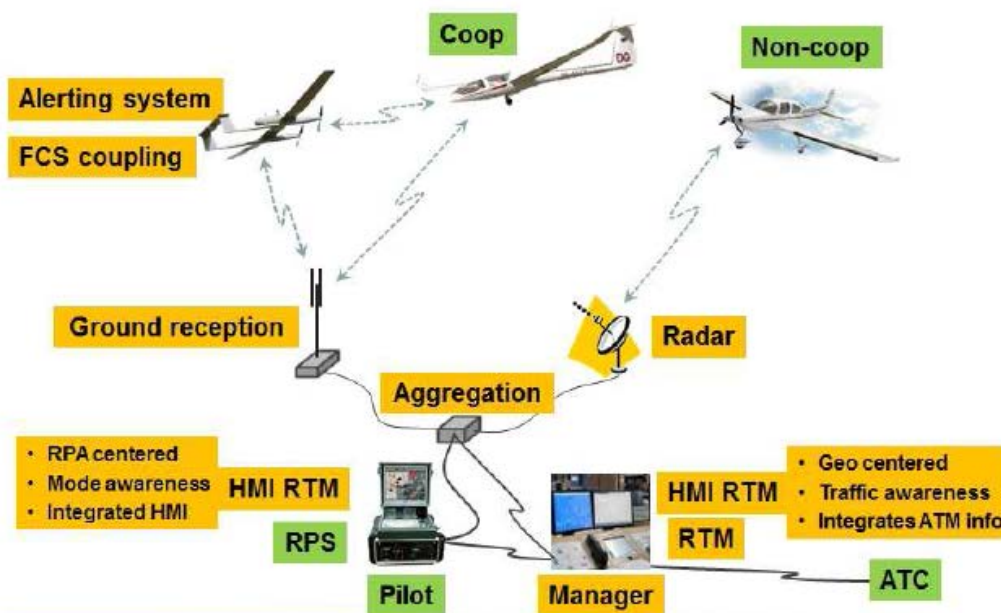
Les difficultés paraissent surmontables dans la mesure où les obstacles sont fixes ou n'évoluent qu'à faible vitesse. Des systèmes d'évitement d'obstacles à base des capteurs associés à du traitement des données avec, éventuellement, une visualisation des données sur une Interface Homme Machine pour le télépilote peuvent être proposés. L'offre française existe déjà sur ce sujet et peut être valorisée grâce à une approche système mettant en évidence le niveau de sécurité d'utilisation pouvant être atteint.

Équipement sol de sécurité pour drones

La filière française étudie ce principe, notamment au travers du projet *Low Level Rpas Traffic Management* financé par la région PACA et illustré ci-dessous.

⁸¹ Source : INRS, Zonage et marquage du matériel ATEX.

Figure 27 - Projet LLTRM



© LLTRM

Ce projet a été lancé le 1^{er} novembre 2015 pour une durée de trois ans.

Un tel système n'est pas à proprement parler un « système de drones ». Il est, par contre, un élément qui pourrait permettre l'usage de drones en hors vue. Il pourrait à ce titre être exporté dans les pays ayant cette problématique d'insertion des RPA à basse altitude à résoudre.

Composants pour système de drones

Au-delà des équipements spécifiques, des équipements tels que des moteurs, des structures, des calculateurs... peuvent être proposés par les industriels français. La compétitivité de la filière française sera d'autant plus grande qu'elle sera à même de proposer des composants avec des caractéristiques compatibles avec les normes que l'Aesa va mettre en place, ce qui n'est pas le cas (pour le moment !) des produits asiatiques. Les producteurs asiatiques savent être très réactifs à des exigences de sécurité, ils l'ont démontré lors du survol par l'un des drones qu'ils commercialisent de sites interdits aux États-Unis : ils ont très rapidement implémenté du *geofencing* dans leurs produits de façon à leur interdire la possibilité de survol de zones prédéfinies (cette implémentation repose cependant sur une base de données non officielle).

Pour les calculateurs, par exemple, l'obtention de l'agrément CE sera vraisemblablement incontournable. Il est intéressant de noter l'intérêt des Chinois pour cette initiative européenne. Par ailleurs très actifs sur des sujets tels que le *geofencing* et l'identification électronique, ils sont membres du groupe de travail qui va générer les spécifications du logiciel de test des autopilotes.

Services utilisant un système de drones

L'existence de la réglementation française dès 2012 a permis aux opérateurs français d'acquérir une grande expertise dans la fourniture de services rendus par des systèmes de drones.

La filière française peut donc envisager de proposer son expertise à des tiers pour la mise en œuvre de tels services dans des pays autres que la France. Il convient néanmoins d'être prudent dans la mesure où la prise en compte de la sécurité d'utilisation des systèmes utilisés en France a été jusqu'à présent limitée. Les exigences de sécurité d'utilisation hors de France peuvent être plus sévères qu'en France (États-Unis notamment) ou moins sévères là où la réglementation est encore inexistante. Ces pays où la réglementation est inexistante sont cependant de moins en moins nombreux au fil du temps.

Capacité de R & D à l'échelle française et européenne

Capacité de R & D à l'échelle européenne

Le domaine des drones bénéficie des programmes de financement de recherche et développement de l'Union européenne. À travers des programmes comme le FP7 et Horizon 2020⁸², le cumul des financements de l'UE liés au secteur des drones s'élevait en 2014 à 315 millions d'euros⁸³. Une grande partie de ce financement a été allouée aux domaines de la sécurité civile et de la surveillance des frontières, qui ont bénéficié de près de 120 millions d'euros entre 2006 et 2014.

De la même manière, le domaine des drones liés à la défense européenne a bénéficié de 191 millions d'euros entre 2005 et 2011. Cependant, de nombreux projets ont des retombées évidentes dans le domaine civil (technologies de données relatives au vol hors vue, insertion dans le trafic aérien, allocation des fréquences, prévention des collisions aériennes, méthodes de prise de décision autonomes...).

Les projets de recherche et développement les plus significatifs relatifs aux drones, dans le cadre des programmes FP7 et H2020 sont décrits dans les paragraphes suivants.

Dans les domaines de la navigation, automatisé et autonomie :

- **ARCAS** (aerial robotics cooperative assembly System) : développement et expérimentation de drones volant en formation pour l'assemblage de structures (2015, aide de 6,15 M€). Le projet est mené par plusieurs universités européennes et le laboratoire **LAAS** du Cnes.
- **GINSEC** (*enhanced GNSS-BF-INS solution for unmanned vehicle Control*) : prototype pré-commercial d'un système de navigation à bas coût, précis et fiable pour le marché professionnel du drone (2015, aide de 1,1 M€). L'entreprise suisse **Eclexys SAGL** coordonne le projet, auquel participent plusieurs instituts et entreprises européennes.

Dans le domaine de la sécurité civile :

- **AIRBEAM** (*AIRBorne information for emergency situation awareness and monitoring*, 2015) : le projet vise entre autres à développer des outils de gestion de crise mettant en œuvre des drones. Airbus Group est le *leader* du programme ; Safran, Thalès Communications France, Dassault Aviation et d'autres industriels et universités européens sont aussi impliqués.
- **SHERPA** : (*smart collaboration between Humans and ground-aerial robots for improving rescuing activities in Alpine environments*, 2015, coût total de 11,2 M€) : les partenaires sont en majorité des universités européennes, mais des acteurs privés comme BlueRobotics et Aslatech Engineering apportent leur contribution.
- **TIRAMISU** : utilisation de drones terrestres et aériens pour des opérations de déminage (2015) : la PME française **Noveltis** est partenaire du projet pour le traitement des données acquises à distance et pour les modélisations électromagnétiques servant à la détection des mines. De nombreux industriels et universités européennes sont aussi impliqués.

Toujours au niveau européen, l'**ESA** (Agence spatiale européenne) travaille sur des projets de contrôle et de commande de drones à partir de satellites : le projet **UASatCOM** (2012) a examiné les synergies exploitables entre drones et satellites pour des applications d'études géophysiques ou de surveillance de *pipelines*, en mode hors vue ; les satellites en orbite basse du Système européen de relais de données (**EDRS**) sont particulièrement concernés.

Capacité de R & D à l'échelle française

Au niveau français, les acteurs soulignent un manque important de moyens financiers pour le développement de nouveaux produits ou services, surtout au regard des contraintes que la réglementation impose. Cela augmente considérablement le *time-to-market* du lancement des nouveaux produits et services, ralentissant ainsi l'avance potentielle des acteurs français dans l'accès au marché. Ces freins économiques et cette frilosité du marché pèsent énormément sur les acteurs de la filière.

L'État participe cependant au financement de plusieurs projets, par exemple *via* des Fonds uniques ministériels (FUI), des Fonds de compétitivité des entreprises (FCE) ou le dispositif Rapid (Régime d'appui à l'innovation duale) de la

⁸² FP7 et Horizon 2020 sont des programmes européens de soutien pour la recherche et l'innovation.

⁸³ Eurodrones Inc., Transnational Institute and Statewatch, 2014.

Direction générale de l'armement (DGA). Les projets de R & D les plus significatifs soutenus par l'État sont décrits ci-dessous.

Dans les domaines de la surveillance, de l'imagerie et du traitement de données :

- **RECONSURVE** : logiciel embarqué de prétraitement de données de surveillance maritime par drones, développé par Télécom Bretagne et Thalès (2010, montant total du projet 6,5 M€, aide FCE de 2,2 M€).
- **DIDRO** : développement d'une solution de surveillance et d'auscultation des digues aménagées le long des fleuves, rivières et canaux utilisant un drone spécifiquement instrumenté pour ces observations (photogrammétrie/téledétection/SIG). Les principaux acteurs impliqués sont Redbird, Geomatys et l'IGN (2015, montant total du projet 4,7 M€, aide FUI de 2,0 M€).
- **AgriDrones** : porté par Terres du Sud SCA, ce projet met en place un système d'imagerie par drones de longue portée, des outils de traitement d'images et un modèle agronomique afin de fournir un outil d'aide à la décision pour l'agriculture de précision sur les grandes cultures de blé, maïs, tournesol et colza. Le montant total du projet est de 4 M€, l'aide FUI de 1,7 M€ (2014).
- **COOPOL** : conception par Thalès Services et Airborne Concept d'un système multidrones dédié à l'assistance des forces de police et de secours dans leurs missions en milieu urbain, que ce soit avant les interventions à risques pour sécuriser une zone, ou lors des missions en milieu urbain pour permettre une connaissance en temps réel de la situation (2016, montant total 4,2 M€, aide FUI 1,7 M€).

Dans les domaines de la navigation et de l'autonomie :

- **CAP2018** : développement d'un système de pilotage automatique fiable, sûr et sécurisé pour les drones civils commerciaux et grand public, selon les standards des systèmes aéronautiques. Le projet implique Sogilis, Squadrone System et la SNCF (2015, montant total 4,5 M€, aide FUI de 2,1 M€).
- **SAFEDRONES** : concept modulaire de sécurité globale logicielle, électrique et mécanique. Le but est l'implémentation d'une solution standardisée et générique de sécurisation, compatible avec la majeure partie des drones à voilure tournante existants. Les parties prenantes sont Étienne Lacroix, Erasm, Airod Technologies, ECA Robotics et l'Onéra (2015, montant total 1,6 M€, aide FUI de 0,8 M€).
- **ExSTOL-LR** : étude, réalisation et démonstration par les sociétés Danielson et ACE d'une plateforme motorisée pour drones longue endurance avec décollage et atterrissage sur très courte distance et terrains non préparés (2015, montant total 1,5 M€, aide Rapid de 0,7 M€).

Le tableau suivant expose les forces et faiblesses de la R & D française.

Tableau 15 - Forces et faiblesses de la R & D française

Forces de la R & D française	Faiblesses de la R & D française
<ul style="list-style-type: none"> • Les donneurs d'ordres tels que la SNCF et EDF contribuent au développement de solutions éprouvées en menant des expérimentations et opérations en conditions réelles, ce qui leur a permis de se forger une première expérience significative. • Capacité d'acteurs comme SenseFly à concevoir le drone et sa charge utile, adaptée au vecteur et à l'utilisation. • Dans le domaine des capteurs, réputation internationale de grands noms comme Sagem, Thalès et CGG; expertise de plusieurs PME françaises dans la conception de capteurs dédiés à l'emport sur drones (YellowScan, Airinov). 	<ul style="list-style-type: none"> • Les bureaux d'études, ingénieurs et mécatroniciens possèdent des leviers de financement réduits et une capacité industrielle faible. • L'activité drones des grands industriels est orientée vers le militaire ou la sécurité et est éloignée des attentes du marché civil. Les collaborations restent embryonnaires entre les grands industriels de l'aéronautique et les PME de la filière drones. • La majorité des constructeurs sont des PME et ne développent pas de volumes d'affaires importants (frein au développement).

- Rayonnement international des grands groupes aéronautiques français.
- Les *start-up* françaises ont des offres qui sont cadrées sur la législation française et qui peuvent avoir peu d'intérêt dans d'autres formats de législation (exemple du S4).
- Les grands constructeurs de capteurs comme Sagem et Thalès sont présents uniquement dans le domaine de la sécurité ; leurs capteurs sont lourds et peuvent difficilement être montés sur de petits drones, qui constituent la majorité de l'offre française.

Comparaison : les sites de tests aux États-Unis

Les États-Unis possèdent de vastes surfaces afin de réaliser des expérimentations. Six sites de tests dédiés aux drones sont devenus opérationnels en 2014. Ceux-ci font face à certains problèmes organisationnels, incluant le fait que la FAA ne puisse leur indiquer de directives spécifiques concernant les orientations à choisir en recherche et développement⁸⁴. Il semble donc que les objectifs de chaque site restent relativement flous. Les six centres de tests sont les suivants :

- **Lone star UAS systems center of excellence** : ce site collabore avec la Nasa, les services forestiers et le département des douanes et de la protection des frontières. Il possède un intéressant flux d'actualités dédié aux drones, au niveau mondial (<http://lsuasc.tamucc.edu/rssfeed.php>).
- **Mid-Atlantic Aviation Partnership** : ce centre met l'accent sur le rôle des drones dans les médias et l'inspection de *pipelines*. Des actualités concernant l'industrie du drone sont publiées régulièrement (<http://www.maap.ictas.vt.edu/news-2/>).
- **Northern Plains UAS test site** : ce site a la particularité d'avoir obtenu un certificat d'autorisation de la FAA permettant l'utilisation de drones jusqu'à une altitude de 1 200 pieds (365 mètres) dans tout l'État du Dakota du Nord.
- **Northeast UAS Airspace Integration Research Alliance** : ce centre de recherche se concentre sur les technologies « voir et éviter » (*sense & avoid*), basées au sol, à l'aide de radars.
- **Nevada UAS test site** : premier site autorisé à produire des certificats de navigabilité pour les aéronefs dans la catégorie « expérimentale », réduisant ainsi le temps requis par les procédures administratives.
- **Pan-Pacific UAS Test Range Complex** : dirigé par l'université d'Alaska Fairbanks, ce site possède des installations en Alaska, Oregon, et Hawaii.

Comme expliqué précédemment, la réglementation en place dans chaque pays influence significativement les orientations de R & D. Aux États-Unis, la logique d'exemptions permet un suivi des usages réels, afin de dimensionner *a posteriori* de futures catégories d'usage. En France, la structuration anticipée des scénarios a permis de structurer très tôt le marché, mais est aujourd'hui limitante pour son développement, même si des expérimentations restent possibles.

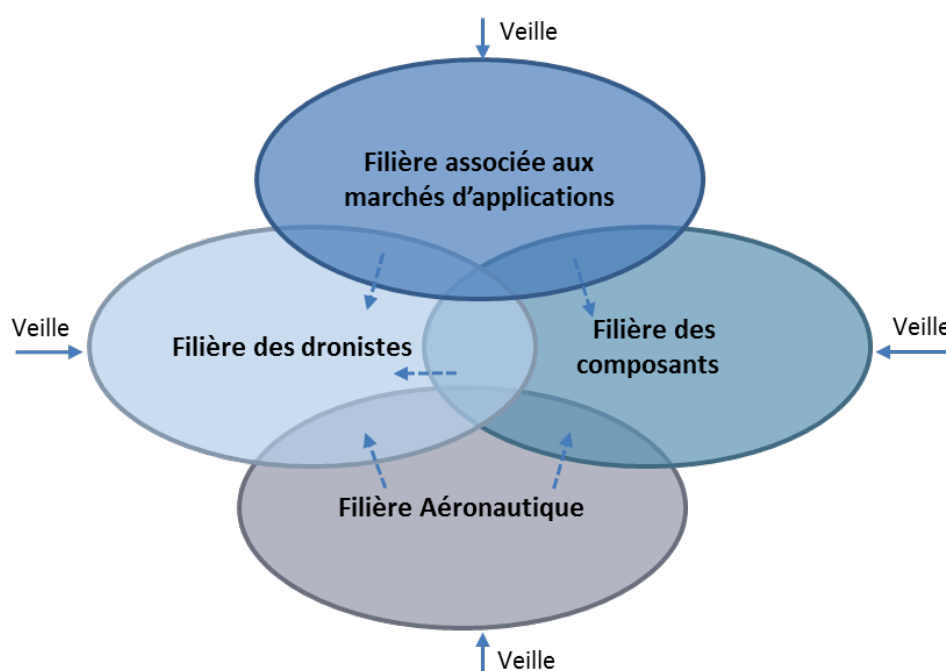
En comparaison de la France, le financement privé de la R & D aux États-Unis est favorisé par une législation du travail souple ainsi qu'une relative facilité à lever des fonds. De plus, la visibilité réduite sur les perspectives de développement de la filière inhibe peu le lancement de nouveaux projets.

⁸⁴ *Examining progress at the UAS test sites*, Unmanned Systems, juillet 2015.

Capacité de la filière à organiser une veille sur les marchés internationaux des drones civils

Les différents acteurs décrits précédemment collectent tous, à des degrés différents, des informations sur les marchés internationaux des drones civils. Cependant, même les acteurs dont les drones ne sont pas le principal domaine d'activité peuvent contribuer à la veille technico-économique de la filière drones, comme le montre la Figure 28 : par exemple, la veille menée dans le domaine de l'agriculture peut de manière ponctuelle inclure le secteur des drones destinés à l'épandage. Cette figure met donc en exergue la dispersion des informations pouvant être collectées.

Figure 28 - Diffusion de la collecte d'information au travers des différentes filières⁸⁵



Acteurs publics

Dans le secteur public, il n'existe actuellement pas d'organisme effectuant une veille dédiée aux drones civils. Les acteurs les plus impliqués à ce sujet sont issus de l'aéronautique : les chercheurs de l'Onéra (Office national d'études et de recherches aérospatiales) « travaillent en réseau avec les chercheurs du monde entier et utilisent des outils spécifiques de veille scientifique et technologique pour leurs propres recherches », mais ces informations ne paraissent pas destinées à un usage externe. La DGAC, L'Académie de l'air et de l'espace (AAE) ainsi que l'Association aéronautique et astronautique de France (3AF) publient sur leur site Internet des actualités de façon régulière ; l'AAE et 3AF ont organisé le colloque « Présent et futur des drones civils » en novembre 2014, ce qui témoigne de leur implication dans le domaine.

⁸⁵ Source : Tech2Market

Acteurs publics-privés

Les différents pôles de compétitivité et *clusters* cités précédemment tentent actuellement de se coordonner afin de mettre en place une veille commune. L'organisation et la structuration d'une démarche de veille restent cependant compliquées.

Au sein de la matrice de coopération des trois pôles de compétitivité actifs sur la filière française du drone, la veille technologique représente un champ d'action à développer. Cependant, les pôles n'ont ni les ressources humaines ni le budget pour pouvoir mettre en place ce type d'action actuellement.

Les écoles d'ingénieurs et les universités listées plus haut contribuent en partie à la collecte et à la diffusion de l'information sur les marchés internationaux des drones civils.

Acteurs privés

Hormis la FPDC et les constructeurs, les exploitants et les organismes de formation liés aux drones, tous susceptibles d'effectuer de la veille, les acteurs les plus impliqués à ce sujet sont issus de l'aéronautique : le Gifas (Groupement des industries françaises aéronautiques et spatiales) produit chaque jour une synthèse de presse, cependant les sources sont majoritairement françaises (<https://www.gifas.asso.fr/liste-synthese-de-presse/>). De son côté, le Cetim (Centre technique des industries mécaniques) publie régulièrement des notes de veille dans le domaine de la mécanique, qui peuvent recouper le domaine aéronautique ou la filière drones. Enfin, la presse spécialisée telle que le magazine Air&Cosmos contribue elle aussi à la collecte d'informations concernant les marchés internationaux des drones civils.

Capacité de la filière à exploiter les synergies à l'export entre les applications civiles et militaires

Comment utiliser la présence française militaire à l'étranger pour faciliter l'export de drones civils ?

Le marché des drones civils possède la caractéristique fondamentale de la forte dualité des applications civiles et militaires. De ce fait, les acteurs de l'aéronautique, de la sécurité et de la défense dans le domaine militaire peuvent permettre un décollage des applications paramilitaires, notamment au travers de clients paraétatiques sur des applications de sécurité et de surveillance. Aux États-Unis, certains constructeurs utilisent leur expérience acquise dans le domaine militaire pour se positionner sur le marché civil, comme AeroVironment (CA relié aux drones de 221 M\$ en 2015) ou Insitu (Groupe Boeing) ; la filière militaire regroupe des poids lourds tels que General Atomics, Boeing, Lockheed-Martin ou General Dynamics.

Les industriels de l'aéronautique, dans le cadre de contrat à l'export, sont souvent engagés sur un renforcement des tissus industriels locaux au sein des pays cibles. La mise en place de collaborations avec des partenaires locaux est ainsi souvent une voie d'accès privilégiée à de nouveaux marchés.

Par ailleurs, l'export de systèmes de drones entraîne un gain d'activité pour l'ensemble des sous-traitants de la chaîne de fabrication du dispositif (notamment pour les drones « lourds »). Un contrat d'importance à l'export peut alors représenter une valeur ajoutée bien plus forte que de nombreux contrats plus modestes.

Le maillage territorial actuel de la multitude d'acteurs actifs a aujourd'hui vocation à couvrir l'espace afin de satisfaire les besoins locaux. La consolidation de ces acteurs sera à l'avenir un facilitateur du déploiement d'une collaboration globale sur une zone géographique cible.

L'offre française comportera vraisemblablement au moins deux segments de systèmes de drones, ceux qui devront être certifiés, soit de par leur dangerosité intrinsèque liée à leur vitesse, à leur masse ou à leur utilisation, et ceux qui pourront ne pas faire l'objet d'une certification.

Pour le premier segment, seuls les grands groupes industriels paraissent avoir les compétences et les moyens de produire, de distribuer et d'assurer le suivi de systèmes complexes aptes à réaliser des missions dans un cadre opérationnel sans restriction d'utilisation majeure (utilisation en zone densément peuplée, en espace aérien non ségrégué...).

Pour le deuxième segment, les objectifs à satisfaire en termes de réglementation et de certification vont conduire la filière à faire émerger en son sein des systémiers, capables d'emmenner derrière eux les sous-traitants produisant les différents modules du système. Une structuration de la filière devrait donc se produire avec les systémiers et les sous-traitants capables de promouvoir ensemble les solutions françaises à l'export.

Ces deux segments ne sont néanmoins pas totalement disjoints. Le recouvrement concurrentiel potentiel entre systémiers « drones non certifiés » et grands groupes de l'aéronautique nécessitera la mise en place de réelles collaborations entre ces deux typologies différentes d'acteurs.

C'est pourquoi, au final, ce ne sont pas seulement les systémiers et les sous-traitants de la filière qui pourraient être capables de soutenir son développement à l'export, mais plus globalement les grands comptes et les décideurs français, présents à l'international et en capacité de tracter une offre consolidée construite à partir des savoir-faire et des compétences nationales. Il sera nécessaire de mettre en avant des retombées locales au niveau des territoires ciblés. Ces dernières peuvent se matérialiser principalement au niveau des opérateurs, qui seront assez naturellement des acteurs locaux. Le service à l'export sera davantage axé sur la fourniture du système, et sur le transfert de compétence au niveau de l'opération et de l'exploitation du service.

Notons également que le traitement de données est un axe fort de développement de la filière, il est à la portée de petits industriels.

Une attention particulière doit aussi être portée à l'évolution de la réglementation en Europe et dans le monde pour évaluer les opportunités d'export des drones conçus et fabriqués en France. En effet, des référentiels de sécurité existent pour les systèmes militaires, au niveau de l'Otan, pour définir des systèmes de drones (STANAG 4 671 pour les gros drones à voilure fixe, 4 703 pour les petits drones, 4 702 pour les drones à voilure tournante), ce qui facilite les possibilités d'exportation de matériel de par l'homogénéité des exigences techniques. Par contre, les référentiels de sécurité restent à créer pour les systèmes civils avec un risque de non-homogénéité des

exigences entre pays. Un système de drones pourrait être ainsi non conforme à la réglementation d'un pays tout en étant conforme à celle du pays de production. Cette situation devrait se préciser d'ici 2020 à partir des travaux de l'EASA.

Enfin, la réflexion par pays doit permettre de débiter une réflexion par région, impliquant des regroupements de pays proches. Ce type d'approche générera un intérêt plus fort, et des retombées potentielles bien plus importantes, permettant de générer des investissements significatifs. Les industriels de l'aéronautique peuvent également jouer un rôle dans le développement de la filière française du drone civil à l'export, si tant est que la filière se consolide autour d'offres globalisées. Ces acteurs ne sont par ailleurs pas les seuls à pouvoir tracter notre filière à l'étranger : l'ensemble des grands comptes nationaux présents en France et à l'étranger sont dans la capacité de promouvoir les services de la filière française du drone.

La faible implication des grands industriels de l'aéronautique et du militaire perçue comme une faiblesse par les acteurs de la filière française du drone

En France, les grands industriels de la filière aéronautique et militaire sont notamment présents dans le Conseil pour les drones civils, mais restent relativement en retrait dans le développement de la filière du drone civil. Ces industriels pourraient pourtant apporter au tissu économique des PME des leviers de financement d'intérêt, et un effet de réseau déterminant dans une stratégie de développement à l'international et de la technologie. La mise en place de coopérations entre les différents acteurs de la filière pourrait ainsi permettre de mieux structurer les développements en cours et à venir, et ainsi d'asseoir la compétitivité de l'offre française vis-à-vis de la concurrence étrangère, aussi bien sur le marché intérieur que sur les marchés d'exportation.

Mise en place d'une stratégie de développement à l'international

En dehors des opérateurs de drones qui gardent des cibles de marché à l'échelle locale, la plupart des acteurs de la filière développent la logique d'un marché mondial.

On retrouve une forme d'opportunisme chez les acteurs qui cherchent à se développer là où les marchés le permettent. Les fabricants de vecteurs et de charges utiles sont davantage contraints par les aspects réglementaires, alors que dans le traitement des données, il est plus facile de transposer son service en dehors des frontières. Les acteurs illustrent des points d'intérêt stratégique dans la mise en place d'une stratégie de développement à l'international :

- **Une stratégie par partenariat** : les acteurs s'engagent de plus en plus dans l'établissement de partenariats dans le but de proposer un service global et international sur des applications cibles.
- **L'importance des coûts de production** : selon Parrot, concernant la fabrication de vecteurs, la compétition mondiale va, à terme, entraîner la disparition d'énormément d'acteurs et la consolidation du marché vers de grands acteurs. À ce niveau, la capacité de production à faible coût sur les marchés asiatiques va indéniablement être un avantage compétitif fort, dans un domaine où l'électronique représente une part importante des coûts de production.

Cependant, cette approche s'applique à des segments de marché impliquant d'importants volumes. Dans une approche d'intégration, avec des systèmes de drones qui demandent une certaine adaptation à l'usage, et donc un caractère sur-mesure dans la conception, l'externalisation de la production sera plus complexe à mettre en œuvre, et la localisation du savoir-faire aura alors tendance à rester sur le territoire.

- **Des niches verticales à révéler** : d'un autre côté, la consommerisation progressive du marché va permettre l'apparition de niches verticales à exploiter, avec des applications impliquant un fort niveau de service en matière de logiciel et traitement de données. Les véritables opportunités semblent se situer à ce niveau, avec davantage de facilité dans la diffusion des offres de services, et de vraies compétences disponibles sur le territoire national. Dans les applications de vol à vue, le gisement de valeur et d'applications à développer reste très important. De nombreux champs d'applications restent à explorer, comme pour les vols à l'intérieur des bâtiments par exemple.

- **Se focaliser sur la data et l'offre de service : la plus-value des systèmes** de drones ne se trouve pas au niveau du vecteur, mais dans son utilisation : au niveau de la charge utile, de son intégration, de l'automatisation du dispositif, et de l'utilisation des données collectées. C'est à ce niveau que se trouve le vrai gisement de valeur de la filière, et ces éléments doivent être une priorité pour les acteurs français (dans la mesure où ceux-ci disposent des vecteurs adaptés pour la mission de capture des données). La conception et la production de vecteurs adaptés et dédiés à des applications précises restent cependant pertinentes.

Dans une démarche de développement international, plusieurs éléments principaux sont à prendre en compte afin de valider l'intérêt ou non de se positionner sur un marché :

1. l'aspect réglementaire : cela conditionne la capacité d'opérer ;
2. l'aspect sécurité : des exigences élevées en termes de TLS (*Target level of safety*) impliquent des coûts élevés. Le respect de ces exigences peut cependant constituer un différentiel significatif ;
3. l'apport d'une solution à un besoin qualifié : cela détermine l'attractivité du service ;
4. l'intensité concurrentielle : cela détermine, par la typologie des offres concurrentes, le pouvoir différentiel et donc la force de pénétration du marché ;
5. les barrières à l'entrée et les conditions opérationnelles de développement : règles d'imposition locales, risques associés au paiement, barrières financières.

Synthèse

Un point très important pour le développement des activités économiques autour des drones civils, en matière d'exportation pour les acteurs français du secteur, est lié à la capacité des acteurs français à concevoir, réaliser et à commercialiser des systèmes de drones qui vont répondre aux exigences de sécurité d'utilisation qui se mettent progressivement en place.

En effet, de nombreuses contraintes limitent aujourd'hui l'usage routinier des drones et entravent leur utilisation opérationnelle. Ces contraintes sont liées au fait que les drones en service n'ont pas été conçus selon des normes garantissant leur sécurité d'utilisation.

Pour lever ces limitations, il convient d'agir sur deux thèmes, la conception du système de drones (RPA, RPS et liaison de données) pour le rendre robuste à la défaillance de l'un ou de plusieurs de ses composants (dimension « navigabilité ») et la possibilité pour le drone de respecter les règles de l'air, c'est-à-dire détecter et éviter les autres trafics (dimension « exigences opérationnelles »).

Face à ces problématiques, il est nécessaire de développer l'usage d'une approche basée sur la gestion du risque. À partir des procédures existantes pour l'aviation (à l'image de l'*Advisory Circular 23-1309* qui définit la *System safety analysis & assessment*), il est nécessaire de définir des probabilités d'acceptation d'occurrence pour les différents incidents. Les obligations imposées aux acteurs de la filière en matière de gestion du risque doivent être réparties entre les instances réglementaires et les donneurs d'ordres de manière concertée.

La compétitivité de l'offre française en matière de systèmes de drones va donc dépendre fortement de la capacité des constructeurs français à proposer des systèmes aptes à satisfaire les exigences de sécurité qui vont être mises en place au niveau européen pour limiter les risques de leur utilisation.

Il apparaît que la filière française présente des points forts mais que la marche entre utilisations selon les scénarios S1 à S4 et les utilisations opérationnelles hors vue sans limitation de masse⁸⁶ est haute. La réaction de la filière française à l'introduction des nouvelles règles reste à analyser.

⁸⁶ Une limitation à une masse supérieure à 2 kg est possible.

CADRE RÉGLEMENTAIRE ET OUTILS DE SOUTIEN POUR L'EXPORTATION DE DRONES CIVILS

L'exportation de drones civils est soumise à un cadre réglementaire complexe. Ce dernier représente un frein important, en particulier pour les petites sociétés ne disposant pas de connaissances et des ressources dédiées à ce sujet. De nombreux outils de soutien sont donc proposés afin de faciliter les démarches d'export. Les parties suivantes décrivent tout d'abord le cadre réglementaire lié à l'export des drones civils, puis recensent les différents outils de soutien disponibles.

Drones civils et contrôle des exportations

Les drones sont considérés comme des biens potentiellement à double usage (avec des applications dans les domaines civil et militaire), ce qui conditionne les règles associées à leur exportation. La mise en place de réglementations spécifiques à cette notion de biens à double usage répond à une problématique de lutte contre la prolifération d'armes de destruction massive. Le règlement européen 2009-428 du 5 mars 2009 modifié institue ainsi un contrôle des exportations, des transferts, du courtage et du transit pour les biens à double usage.

Sont considérés comme biens à double usage, les produits y compris les logiciels et les technologies, susceptibles d'avoir une utilisation tant civile que militaire. Rentre dans le champ de cette définition un large panel de biens différents, allant de la centrale nucléaire et de ses composants critiques, à une machine-outil de haute précision utilisée dans l'industrie aéronautique en passant par des souches bactériologiques utilisées pour la recherche médicale ou vétérinaire. Les systèmes de drones dans leur ensemble sont donc bien concernés par cette terminologie. À ce titre, leur exportation n'est pas interdite *a priori* mais fait l'objet d'un contrôle restrictif, notamment sous la forme d'une obligation de licence.

Contrôle des exportations des biens à double usage

Le contrôle des exportations de biens et technologies à double usage repose juridiquement sur le règlement communautaire précité associé aux régimes internationaux (MTCR et Arrangements de Wassenaar) qui permet de définir les différents types de licence à l'exportation et de fixer la liste des biens concernés. Les contrôles s'appliquent à toutes les exportations vers des territoires extérieurs à l'Union européenne, à l'exception de certains biens très sensibles.

La liste des biens et technologies à double usage soumis à contrôle est régulièrement remise à jour, et reprend, dans le domaine du drone, les biens à double usage définis au travers des deux régimes internationaux de contrôle que sont le MTCR (missile technology control Regime, spécifique aux vecteurs), et l'Arrangement de Wassenaar (spécifique aux armes conventionnelles, biens et technologies duaux). Le Service des biens à double usage (SBDU) est chargé de la mise en œuvre nationale du contrôle. Il s'agit d'un service placé sous l'autorité du ministre chargé de l'Industrie, autorité décisionnaire. La Commission interministérielle des biens à double usage (CIBDU), sous la présidence du ministère des Affaires étrangères et du Développement international et sous le secrétariat du SBDU, est chargée de l'examen des dossiers sensibles et d'émettre un avis basé sur la recherche de *consensus* interministériel.

L'exportation de biens et de services implique différents niveaux de responsabilités des exportateurs, qui sont notamment responsables du classement de leurs produits. Ils se doivent d'informer l'Administration des projets d'exportation sensibles concernant des biens à double usage même non classés. Il est conseillé de ne pas attendre la conclusion d'un contrat commercial pour faire une demande de licence, sachant que les exportateurs peuvent disposer de réponses adaptées à leurs demandes de renseignement auprès du SBDU.

L'Arrangement de Wassenaar

L'Arrangement de Wassenaar est un arrangement multilatéral global pour le contrôle des exportations d'armements conventionnels et de biens et technologies à double usage servant à leur fabrication. Il vise à promouvoir la transparence et une plus grande responsabilité dans les transferts d'armes et de biens à double

usage afin de prévenir les accumulations déstabilisantes. Conclu en 1996, cet arrangement regroupe aujourd'hui 41 États⁸⁷.

Cet arrangement s'applique aux véhicules aériens sans équipage (UAV), aux dirigeables sans équipage, ainsi qu'aux systèmes, équipements et composants connexes comme suit :

- UAV ou dirigeables sans équipage présentant l'une des caractéristiques suivantes :
 - autonomie de contrôle et de navigation ;
 - possibilité d'un vol commandé en dehors du champ de vision direct d'un opérateur humain.

Le MTCR est plus spécifique que l'Arrangement de Wassenaar puisqu'il s'applique :

- aux systèmes complets de véhicules aériens sans équipage, y compris les systèmes de missiles de croisières, les engins-cibles et les engins de reconnaissance pouvant transporter une charge utile d'au moins 500 kg sur une portée d'au moins 300 km (catégorie I) ;
- aux systèmes complets de véhicules aériens sans équipage, y compris les systèmes de missiles de croisière, les engins-cibles et les engins de reconnaissance autres que ceux de la catégorie I ayant une portée d'au moins 300 km ou ceux capables d'emporter des systèmes de pulvérisation d'aérosols (catégorie II).

Le MTCR compte 34 membres⁸⁸ et repose sur le respect par chacun des États membres de directives communes précisant les modalités d'examen des demandes de transferts de biens et de technologies pouvant contribuer à la fabrication de vecteurs d'armes de destruction massive.

Évolutions récentes

En janvier 2016, a été actée une évolution relative aux drones de l'annexe technique du règlement 428-2009 résultant des travaux menés au sein l'Arrangement de Wassenaar de 2014. Sont désormais concernés :

- Les UAV et dirigeables sans équipage conçus pour avoir un vol commandé en dehors du champ de vision naturelle direct de l'opérateur et :
 - présentant toutes les caractéristiques suivantes :
 - autonomie maximale supérieure ou égale à 30 minutes mais inférieure à 1 heure ;
 - et conçus pour décoller et avoir un vol commandé stable avec des rafales de vent égales ou supérieures à 46,3 km/h ;
 - ou présentant une autonomie maximale égale ou supérieure à 1 heure.

Conclusion

Suite aux récentes évolutions, le contrôle en Europe des exportations des biens à double usage s'applique ainsi à l'ensemble des drones dont l'autonomie est comprise entre 30 minutes et 1 heure, et conçus pour opérer avec des rafales de vent supérieures ou égales à 46,3 km/h. Les règles sont plus strictes concernant les systèmes de drones capables d'embarquer une charge utile d'au moins 500 kg, qui disposent d'une portée d'au moins 300 km, ou ceux capables d'emporter des systèmes de pulvérisation d'aérosols.

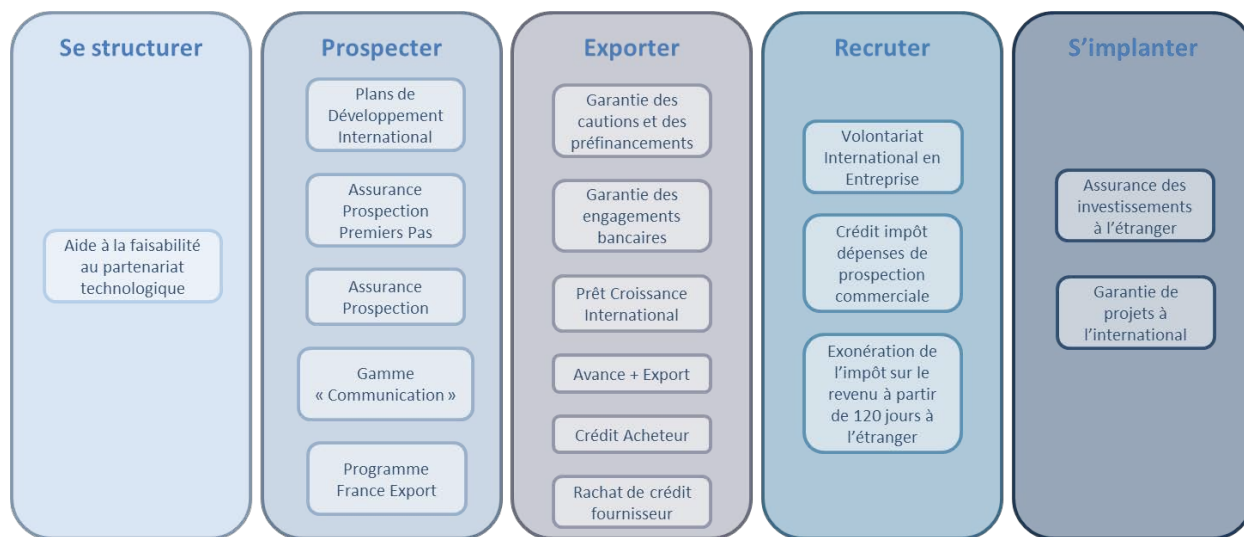
⁸⁷ La liste des membres est disponible sur la plateforme web du Wassenaar Arrangement : <http://www.wassenaar.org/participating-states/>

⁸⁸ La liste des membres est disponible sur la plateforme web du MTCR : <http://www.mtcr.info/french/partenaire.html>

Les outils de soutien financier à l'export

Les aides à l'export en France sont nombreuses, et couvrent les différentes étapes d'un projet export : la prise d'information, la formation, la prospection, l'exportation, le recrutement, et l'implantation. Les aides à l'export existent sous forme de prêts, de garanties, de subventions, ou de mesures fiscales. La majorité des aides ciblent particulièrement les petites et moyennes entreprises qui souffrent généralement d'un manque de moyens pour le développement à l'export.

Figure 29 - Représentation schématique des différents leviers de financement et d'accompagnement à l'export⁸⁹



Ces aides sont principalement portés par trois organismes nationaux œuvrant à différents niveaux :

- Bpifrance : Banque publique d'investissement, Bpifrance accompagne les entreprises de l'amorçage jusqu'à la cotation en bourse, du crédit aux fonds propres. Les aides concernent ainsi différents niveaux d'avancement des projets de croissance :
 - l'aide aux entreprises dans les premiers besoins d'investissements ;
 - le soutien à la croissance ;
 - le renforcement du développement et de l'internationalisation ;
 - la participation au rayonnement des grandes entreprises.
- Business France : établissement public placé sous la triple tutelle du ministre de l'Économie, de l'Industrie et du Numérique, du ministre des Affaires étrangères et du Développement international, et du ministre du Logement, de l'Égalité des territoires et de la Ruralité, Business France participe au développement et à la réussite internationale des entreprises, en les accompagnant depuis le lancement jusqu'à l'aboutissement de leurs projets. À cette fin, Business France mobilise différentes expertises et savoir-faire afin de proposer un accompagnement dans le développement et la réussite des projets à l'international.
- Coface : la Coface (Compagnie française d'assurance pour le commerce extérieur) a été fondée en 1946. C'est une agence privée spécialisée dans l'assurance-crédit à l'exportation, détenue majoritairement par Natixis. Elle permet de protéger les entreprises dans leur démarche de développement grâce à une offre complète d'assurance-crédit. L'établissement gère notamment les garanties publiques à l'exportation pour le compte de l'État. Ces activités vont par ailleurs progressivement être transférées au sein du nouveau label soutenu par Bpifrance, baptisé Bpifrance Export⁹⁰.

En complément des principales aides proposées par ces différents organismes, les entreprises peuvent bénéficier d'autres mécanismes de soutien *via* les pôles de compétitivité, les *clusters*, et les fédérations professionnelles du

⁸⁹ Source : Tech2Market.

⁹⁰ <http://www.bpifrance.fr/Vivez-Bpifrance/Actualites/Bpifrance-Export-est-lance>

domaine de l'aéronautique et des drones. Ces mécanismes vont davantage se positionner en termes de transfert de connaissances et de compétences, de diffusion de l'information, de représentation des intérêts commerciaux, ou d'accompagnement à l'élaboration de projets collaboratifs.

En annexe sont détaillés les différents mécanismes et leviers de financement disponibles à l'échelle nationale, suivant différents états d'avancement des projets de développement à l'export.

Le tableau récapitulatif suivant résume les principaux programmes d'aide et d'accompagnement financier au développement à l'export, en fonction des principales règles d'éligibilité.

Tableau 16 - Principaux programmes d'aide et d'accompagnement financier au développement à l'export

Les principaux programmes	Les principales règles d'éligibilité	Plafonnement de l'aide et modalité
Aide à la faisabilité au partenariat technologique	Entreprises ou organismes professionnels avec un effectif < 2 000 personnes	50 k€ jusqu'à 50 % des dépenses retenues
Assurance Prospection Premier Pas	TPE et PME avec CA < 50 M€ et activité à l'export < 200 k€ (ou < à 10 % du CA)	10 % du CA dans une limite de 30 k€
Assurance Prospection	Entreprises avec CA < 500 M€	65 % des dépenses engagées non amorties par un CA
Avance Prospection	Entreprises avec 1,5 M€ < CA < 500 M€	Financement des dépenses couvertes par l'assurance prospection
Prêt croissance international	PME ou ETI de plus de 3 ans	Prêt sur 7 ans entre 30 k€ et 5 M€
Avance + Export	PME ou ETI	150 k€ sur 1 an
VIE	Entreprises avec un projet de développement à l'export	Mission de 6 à 24 mois par un jeune européen de 18 à 28 ans
Crédit impôt dépenses de prospection commerciale	PME dont le capital est libéré ou détenu à 75 % au moins par des personnes physiques (ou une société répondant aux mêmes critères)	50 % des dépenses éligibles jusqu'à 40 k€ sur 24 mois (PME) ou 80 k€ (associations et GIE)

À côté de l'ensemble des dispositifs nationaux cités précédemment, des initiatives sont menées à des échelles régionales afin de promouvoir le développement des écosystèmes locaux. Sont présentés en annexe les principaux programmes existants⁹¹, par région, généralement portés par les CCI International régionales, ou les agences régionales de développement et d'innovation.

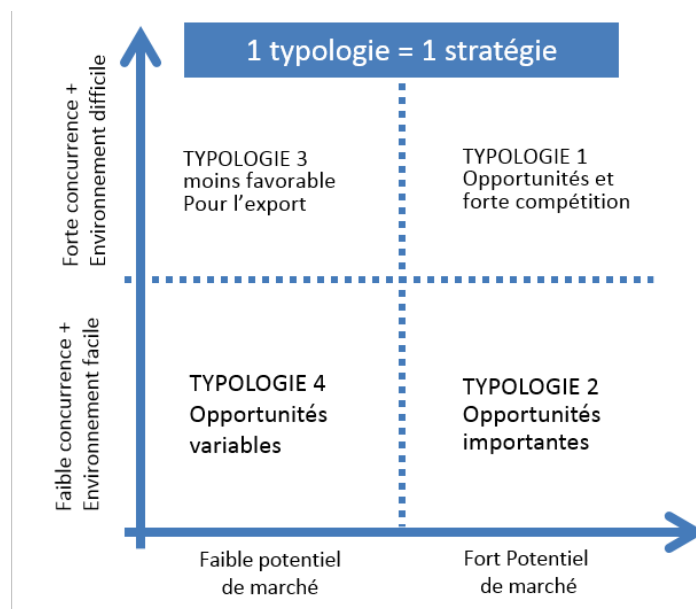
⁹¹ Pour plus de détails, consulter <http://export.businessfrance.fr/NOM DE LA REGION/aides.html>

IDENTIFICATION ET SÉLECTION DES PAYS D'EXPORTATION POUR LA FRANCE

Objectifs et Méthodologie

Le but de ce chapitre est d'identifier les pays importateurs de drones civils à l'horizon 2030. Afin d'analyser les perspectives d'exportation des drones civils français, les 50 pays au produit intérieur brut (PIB) le plus élevé ont tout d'abord été sélectionnés. Cinq autres pays ont été rajoutés : le Vietnam, le Maroc, la Tunisie, la Hongrie et la Roumanie, car ils représentent plus de 0,1 % de parts dans les échanges internationaux de la France. Ces pays ont ensuite été classés selon quatre typologies combinant le potentiel du marché, la difficulté de l'environnement et le degré de concurrence (voir figure suivante). Le résultat de ce classement est le choix de cinq pays cibles pour l'exportation de l'offre française, chaque pays correspondant à cinq stratégies différentes pour la filière française.

Figure 30 - Outil d'analyse pour l'élaboration de typologies de pays



Les 55 Pays sélectionnés sont présentés dans le Tableau 17 ci-dessous.

Tableau 17 - Classement des 50 pays ayant les PIB les plus élevés dans le monde, par ordre décroissant, plus 5 autres pays et la France (Source : Banque Mondiale, 2014)

Rang	Pays	Rang	Pays
1	États-Unis	29	République islamique d'Iran
2	Chine	30	Émirats arabes unis
3	Japon	31	Colombie
4	Allemagne	32	Thaïlande
5	Royaume-Uni	33	Afrique du Sud
6	France	34	Danemark
7	Brésil	35	Malaisie
8	Italie	36	Singapour
9	Inde	37	Israël
10	Russie	38	Chine, RAS de Hong Kong
11	Canada	39	Égypte
12	Australie	40	Philippines
13	Corée du Sud	41	Finlande
14	Espagne	42	Chili
15	Mexique	43	Pakistan
16	Indonésie	44	Irlande
17	Pays-Bas	45	Grèce
18	Turquie	46	Portugal
19	Arabie saoudite	47	Iraq
20	Suisse	48	Algérie
21	Suède	49	Kazakhstan
22	Nigéria	50	Qatar
23	Pologne	51	République tchèque
24	Argentine	53	Roumanie
25	Belgique	54	Vietnam
26	Venezuela	56	Hongrie
27	Norvège	59	Maroc
28	Autriche	87	Tunisie

Potentiel des marchés

Le potentiel du marché de chaque pays est évalué en fonction de la taille du marché de chaque secteur d'applications majeur des drones (bâtiment et travaux publics [BTP], transports et réseaux, énergie, mines, sécurité civile, agriculture et transport aérien) : si un pays possède de nombreux secteurs d'applications de taille conséquente, son potentiel de marché sera élevé. Le potentiel de marché donne donc uniquement un aperçu de la taille combinée des secteurs d'applications des drones dans le pays considéré, sans prendre en considération l'environnement (présence d'une filière aéronautique, réglementation...) et la concurrence, qui sont traités dans la section suivante.

Le Tableau 18 décrit le système de notation employé pour chaque secteur d'application. Quel que soit le secteur, 3 est la note maximale et traduit un fort potentiel du marché d'applications considéré. Une note de 2 traduit un potentiel du marché moyen, et 1 un potentiel bas. La note globale reflétant le potentiel de marché de chaque

pays est obtenue en sommant les notes attribuées à chaque marché d'application. Chaque note globale est alors forcément comprise entre 11 et 33.

Les seuils des notes 1, 2 ou 3 sont fixés de manière à faire ressortir les différents ordres de grandeur des valeurs associées à chaque critère : ainsi, pour chaque critère sont identifiés les trois ordres de grandeur les plus représentatifs de la distribution statistique des valeurs considérées. Ces trois ordres de grandeur sont par conséquent traduits par les notes 1, 2 ou 3.

Le paragraphe suivant explique les éléments du Tableau 18 :

- Les pays possédant un PIB par habitant supérieur à 40 000 \$/an obtiennent la note maximale pour ce critère. Les pays situés entre 20 000 et 40 000\$/an se voient attribuer une note moyenne (2), et les autres une note basse (1).
Source : *PIB/habitant (\$ US courants)*, Banque mondiale (2014).
- Si les prévisions de croissance du PIB dans le pays considéré dépassent 3 % en 2017, la note obtenue est 1 (note maximale pour ce critère) ; en dessous, la note est 0 (notation exceptionnelle afin de réduire le poids de ce critère).
Source : *Global Economic Prospects*, World Bank (2013).
- Les pays dans lesquels le marché du BTP dépassait 1E+11 \$US en 2013 obtiennent la note maximale ; si ce marché est inférieur à 1E+10 \$US, la note est minimale (1) ; sinon, la note est moyenne (2). Source : *GDP and its breakdown at current prices in US Dollars*, National Account Main Aggregate Database, United Nations Statistics Division (2013).
- Le potentiel du marché ferroviaire peut être évalué en fonction de la longueur du réseau de voies ferrées : si celle-ci est élevée, il est probable que le potentiel du marché dans ce secteur le soit aussi. Les notes sont donc attribuées en segmentant le domaine ferroviaire par kilomètre de rail installé.
Source : *Rail lines (total route-km)*, World Bank (2012).
- La taille du secteur de l'Oil & Gas peut être caractérisée par la longueur de *pipelines* installée ainsi que par la production totale de pétrole du pays considéré. Ces deux critères sont traités de façon indépendante ; la logique de notation habituelle s'applique.
Sources : *Pipelines*, World Fact Book, CIA (2013) ; *Total Petroleum and Other Liquids Production 2014* International Energy Statistics, EIA.
- La production totale de minerai est utilisée afin de juger du potentiel du secteur minier ; la notation est donc entreprise en conséquence, selon la logique habituelle.
Source : *Minerals Production 2013 - World Mining Data*, Volume 30, International Organizing Committee for the World Mining Congresses (2015).
- Dans le secteur de la sécurité civile, une application possible des drones consiste à déclencher des avalanches de manière préventive dans les stations de ski. De façon générale, les drones peuvent être utilisés dans des applications de sécurité en montagne. Le critère choisi est donc le nombre de stations de ski par pays. Source : *Overview of the key industry figures for ski resorts*, 2014 International Report on Snow & Mountain Tourism.
- Le potentiel de marché dans l'agriculture est estimé à l'aide de deux critères : la surface de terres cultivées en km² et le niveau de mécanisation de l'agriculture. Si ces deux paramètres sont élevés, il est probable que le potentiel du marché de l'agriculture le soit aussi. La surface des terres cultivées est tirée de *Agricultural land (sq. km)*, World Bank (2013). Le système de notation habituel est appliqué. Le niveau de mécanisation a été évalué en combinant deux sources : *Mechanisation Level by Country (2013)*, Xerfi Global with Fourth World Summit on Agriculture Machinery Reports ; et *Agricultural machinery, tractors per 100 sq. km of arable land*, World Bank (2015).
- Le potentiel du marché du transport aérien (fret) est évalué en termes de millions de tonnes de fret transportées multipliées par le nombre de kilomètres parcourus. La notation habituelle s'applique.

Tableau 18 - Critères de notation relatifs à la taille des marchés d'application

Notation	Note Haute (3)	Note Moyenne (2)	Note Basse (1)
PIB par habitant 2014, en \$ US	> 40 000	> 20 000 et < 40 000	< 20 000
Croissance du PIB estimée en 2017 (0 ou 1)	Plus de 3 %	-	Moins de 3 %
BTP : Taille du marché du pays en \$US (2013)	Plus de 1E+11	Plus de 2E+10	Plus de 1E+10
Ferroviaire : km de rail dans les pays en 2012	Plus de 10 000	Plus de 5 000	Moins de 5 000
Oil & Gas : longueur de <i>pipelines</i> en km (2013)	Plus de 100 000	Plus de 50 000	Moins de 50 000
Oil & Gas : Production totale de pétrole en milliers de barils par jour (2014)	Plus de 3 000	Plus de 15 000	Moins de 1 500
Mines : production totale de minerai en tonnes métriques (2013)	Plus de 1E+9	Plus de 1E+8	Moins de 1E+8
Sécurité en Montagne : nb de stations de skis en 2014	Plus de 200	Plus de 1	Pas de stations
Agriculture : terres cultivées en km ²	Plus de 150 000	Plus de 30 000	Moins de 30 000
Agriculture : niveau de mécanisation de l'agriculture	Fort	Moyen	Faible
Transport aérien, fret, millions de tonnes-kilomètres (2014)	Plus de 12 000	Plus de 3 000	Moins de 3 000

Concurrence et environnement

L'analyse du potentiel des marchés d'application de chaque pays ne suffit pas à déterminer si ceux-ci sont propices à l'exportation. En effet, ce critère ne tient pas compte de l'intensité concurrentielle et de la difficulté de l'environnement.

L'intensité de la concurrence peut être caractérisée par le nombre de modèles de drones issus d'une offre locale. La difficulté de l'environnement inclut plusieurs facteurs. Les exportations de la filière aéronautique française dans le pays considéré peuvent servir de porte d'entrée pour l'exportation des drones ; la présence d'un grand constructeur aéronautique est aussi un élément de facilitation de l'environnement. Selon la même logique, de fortes dépenses en R & D et la présence d'une filière électronique indiquent un environnement potentiellement favorable. Au contraire, une forte densité de population apparaît comme un frein au déploiement d'une filière drones, tout comme la présence d'un espace aérien fortement contrôlé et l'absence de réglementation établie.

Le Tableau 19 présente les notations employées afin de classer ces différents critères. Le système de notation fonctionne de la même manière qu'à la section précédente : la note globale relative à l'intensité concurrentielle et à l'environnement de chaque pays est à nouveau obtenue en sommant les notes attribuées à chaque critère. La note globale est cette fois comprise entre 5 et 15. Cependant, une note élevée indique cette fois une forte concurrence et un environnement difficile (défavorables à l'exportation française).

Tableau 19 - Critères de notation relatifs à l'intensité concurrentielle et à l'environnement

Notation	Note Haute (3)	Note Moyenne (2)	Note Basse (1)
Présence d'une offre locale en matière de drone (Quantité de drones civils et militaires conçus et commercialisés) Source : <i>RPAS categories and quantities produced/developped per country: total</i> , RPAS : The Global Perspective, June 2015, Blyenburgh & Co.	Plus de 75 modèles	Plus de 25 modèles	Moins de 25 modèles
Poids des exportations de la filière aéronautique française Source : Résultats du commerce extérieur 2013.	Moins de 1 %	Plus de 1%	Plus de 5 %
Présence d'une filière aéronautique Source : <i>Aircraft manufacturers</i> , Xerfi world, Juillet 2015.	Filière de constructeurs aéronautiques majeurs	Filière majoritairement de pièces détachées pour plus de 75 % des exportations du pays	Sans ou avec une filière faible
Densité de la population (personnes par km ² de terres) Source : <i>Densité de la population</i> , Banque mondiale.	Densité supérieure à 200	Densité supérieure à 100	Densité inférieure à 100
Dépenses de R & D en million de \$US. Source : <i>R & D expenditure in million USD (2010-2012)</i> , OECD.	Plus de 30 000	Plus de 20 000	Moins de 20 000

Résultats

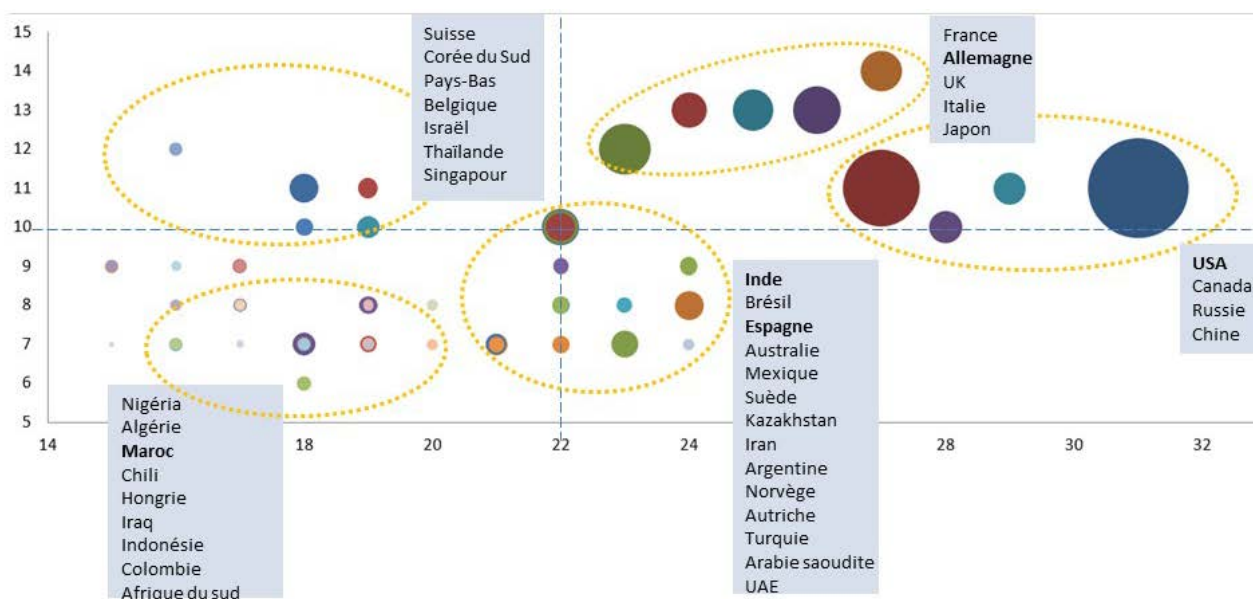
Suite aux analyses effectuées, un pays possède donc deux notes : l'une décrit le potentiel de son marché d'applications (abscisse de la Figure 30), et l'autre la qualité de son environnement ainsi que l'intensité de la concurrence (ordonnée du diagramme). Ces notes sont présentées pour chaque pays dans le Tableau 20. Le diagramme est donc complété à l'aide de celles-ci, ce qui est représenté par la Figure 31 : cinq grandes typologies de pays sont constituées :

- le groupe des États-Unis et de la Chine présente, par exemple, de fortes opportunités de marché ainsi qu'une compétition importante ;
- le groupe de l'Allemagne semble offrir de bonnes opportunités de marché mais l'environnement concurrentiel paraît très élevé ;
- le groupe de l'Inde, du Brésil, de l'Espagne et de l'Australie présente de fortes opportunités marché et une compétition relativement faible ;
- le groupe du Nigéria, de l'Algérie et du Maroc constitue une zone d'opportunités variables ;
- le groupe de la Suisse, de la Corée du Sud et de la Belgique est classé comme le moins favorable pour l'export.

Tableau 20 - Détail des notations

Pays	Note du potentiel du marché d'applications	Note de l'intensité de la concurrence	Pays	Note du potentiel du marché d'applications	Note de l'intensité de la concurrence
Afrique du Sud	18	6	Iraq	18	7
Algérie	20	7	Irlande	18	7
Allemagne	26	13	Israël	16	12
Arabie saoudite	21	7	Italie	24	13
Argentine	22	7	Japon	23	12
Australie	24	8	Kazakhstan	24	7
Autriche	22	9	Malaisie	16	7
Belgique	18	10	Maroc	17	7
Brésil	22	10	Mexique	23	7
Canada	29	11	Nigéria	19	8
Chili	19	7	Norvège	22	8
Chine	27	11	Pakistan	17	10
Chine, RAS de					
Hong Kong	17	9	Pays-Bas	19	10
Colombie	18	7	Philippines	15	9
Corée du Sud	18	11	Pologne	22	8
Danemark	17	8	Portugal	16	8
Égypte	16	7	Qatar	19	8
Émirats arabes unis	21	7	République tchèque	20	8
Espagne	22	10	Roumanie	19	7
États-Unis	31	11	Royaume-Uni	25	13
Russie	28	10	Singapour	15	9
Finlande	18	7	Suède	24	9
France	27	14	Suisse	19	11
Grèce	17	8	Thaïlande	17	9
Hongrie	17	8	Tunisie	15	7
Inde	22	10	Turquie	21	7
Indonésie	18	7	Venezuela	19	7
Iran	23	8	Vietnam	16	9

Figure 31 - Résultats – Constitution de grandes typologies de pays

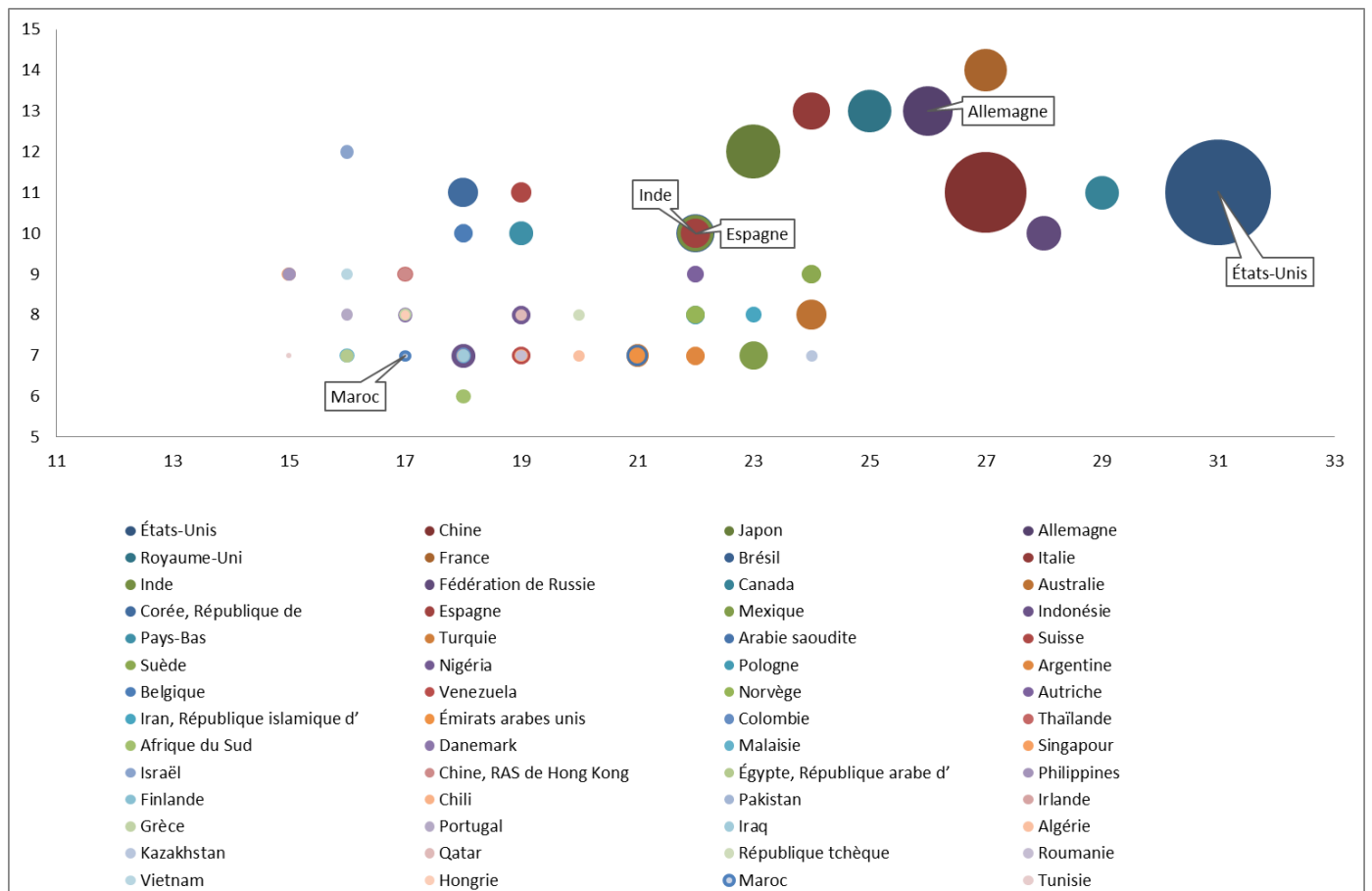


À partir des groupes constitués, cinq pays sont choisis afin d'en effectuer l'analyse détaillée. Les pays classés comme les moins favorables à l'export (Suisse, Corée du Sud, Pays-Bas, Belgique, Israël, Thaïlande, Singapour) ne sont pas sélectionnés.

- L'Allemagne est choisie pour représenter le groupe de pays présentant un bon potentiel marché ainsi qu'une concurrence très élevée.
- Les États-Unis représentent le groupe de pays à très haut potentiel marché et forte concurrence.
- L'Inde et l'Espagne sont choisis afin de représenter le groupe présentant une concurrence faible et un potentiel marché moyen.
- Le Maroc représente le groupe de pays à très faible concurrence et potentiel de marché incertain.

La Figure 32 résume le positionnement de ces pays en termes de concurrence et de potentiel du marché.

Figure 32 - Résultats – Pays sélectionnés pour l'analyse détaillée



ANALYSE DES PAYS CIBLES ET STRATÉGIES DE PÉNÉTRATION DES MARCHÉS

États-Unis

Contexte technico-économique

Peuplés de 319 millions d'habitants, les États-Unis comportent aussi bien de vastes étendues très peu peuplées que des grandes mégapoles (la densité de population est de 35 habitants / km², contre 121 en France).

Selon la Banque mondiale, la croissance du PIB aux États-Unis devrait atteindre 2,4 % en 2017. Première puissance économique mondiale, les États-Unis possèdent l'une des industries aéronautiques les plus développées et sont forts d'une expertise dans le domaine des drones militaires. La filière du drone civil a souffert de réglementations mises en place tardivement mais est en plein développement : 419 modèles de drones civils étaient en 2015 en développement ou en construction aux États-Unis, contre 117 en France⁹².

Contexte réglementaire

La réglementation aux États-Unis est amenée à évoluer. En février 2015, la Federal Aviation Administration (FAA) a proposé un ensemble de règles permettant l'utilisation facilitée de drones de masse inférieure à 25 kg ; le but est de pouvoir faciliter la mise en place d'innovations technologiques⁹³ :

- les appareils doivent peser moins de 25 kg ;
- seule l'utilisation en ligne de vision directe est autorisée ;
- les évolutions au dessus de personnes non impliquées par les opérations sont interdites ;
- seul le vol de jour est autorisé ;
- la vitesse est limitée à 161 km/h et l'altitude à 150 mètres.

Cette réglementation n'est pas encore en vigueur et est attendue pour le milieu d'année 2016 ; pour toute utilisation commerciale, une autorisation de la FAA est encore nécessaire. Celle-ci peut-être obtenue de deux manières⁹⁴ :

- **Une demande d'exemption de certification** (section 333 du *FAA Modernization and Reform Act of 2012*) peut-être effectuée. Cette exemption peut-être utilisée afin d'opérer en environnement à bas-risque ; elle est accordée au cas par cas. Au 18 décembre 2015, 2 672 exemptions de ce type ont été acceptées par la FAA.
- **Un certificat de navigabilité** (*Special Airworthiness Certificate*) peut-être obtenu si les candidats sont capables d'expliquer comment leurs systèmes sont conçus et construits. Les procédés d'ingénierie, le développement et contrôle des logiciels, la gestion des configurations, les procédures d'assurance qualité doivent également être décrits. Il est aussi nécessaire de détailler comment et où les vols seront effectués.

Afin de prendre part aux discussions concernant la réglementation, plusieurs groupements ont été créés⁹⁵ :

- **Small UAV coalition**, qui regroupe des acteurs tels que 3D robotics, Parrot, DJI, Airware, Amazon, Google et GoPro. Celle-ci se concentre sur la problématique de la livraison de produits à l'aide de drones.
- **Property Drone Consortium**, constitué d'utilisateurs finaux dans les domaines de l'assurance et de la construction. Il promeut la recherche, le développement ainsi que l'implémentation de règles concernant l'utilisation de drones dans ces secteurs.
- **Airline Pilots Association and National Agricultural Pilot Association** : cette association a contribué à la décision de la FAA de mettre en place des restrictions sévères concernant les drones (pas de vol hors vue, licence de pilote nécessaire, etc.).

⁹² RPAS, The Global Perspective, 2015/2016, 13th Annual Edition, UVS International.

⁹³ Press Release – DOT and FAA Propose New Rules for Small Unmanned Aircraft Systems, FAA, 15 février 2015.

⁹⁴ Civil Operations, FAA, https://www.faa.gov/uas/civil_operations/

⁹⁵ UAS coalitions, xyHt, 2015.

- **Association for Unmanned Vehicle Systems International** qui a pour sa part dépensé 1,2 million de dollars depuis 2007 en *lobbying* en faveur des entreprises liées aux drones. Regroupant 7 500 membres issus d'organisations gouvernementales, d'industriels et d'acteurs du monde académique, son but est de développer et de promouvoir les technologies liées aux drones et à la robotique.

La gestion du trafic aérien lié aux drones demeure un axe de travail majeur : lors d'une convention tenue à ce sujet par la NASA⁹⁶, Amazon a proposé de réserver aux drones l'espace aérien en dessous de 400 pieds (122 mètres) ; des systèmes embarqués devraient permettre de détecter et assurer automatiquement la séparation avec les autres objets. La connaissance du trafic serait obtenue grâce à une connection internet. De son côté, Google a soumis l'idée de systèmes de proposition de plans de vol envoyés *via* le réseau cellulaire, analysés et approuvés par un « airspace service provider ».

En mai 2015, la FAA a par ailleurs mis en place l'initiative *Pathfinder*, un partenariat avec trois grandes sociétés (la durée prévue du projet est de deux à trois ans⁹⁷). Le but est d'explorer les étapes ultérieures aux opérations prévues par l'actuelle proposition de réglementation :

- **CNN** explore l'utilisation des drones en milieu urbain (pilotage à vue). Les expérimentations portent notamment sur l'utilisation de drones captifs, ce qui confère une endurance plus longue aux engins utilisés lors d'événements pouvant être couverts à partir d'une position stationnaire. D'autre part, CNN étudie le sujet des redondances de sécurité au niveau des moteurs, l'objectif ultime étant de pouvoir survoller les foules de façon sûre.⁹⁸
- **Precision Hawk** se concentre sur l'utilisation des drones dans l'agriculture de précision en milieu rural, en mode hors vue et sur des distances étendues ; la société travaille également sur le sujet de l'intégration de l'espace aérien et teste un système de gestion du trafic aérien, le LATAS (Low Altitude Tracking & Avoidance System).
- **BNSF Railway** étudie les problématiques liées au contrôle/commande dans le domaine de l'inspection des infrastructures ferroviaires (vol hors vue en zones rurales ou isolées). Des réflexions sont menées entre autres au niveau de la charge utile à emporter : à l'heure actuelle, les équipes au sol utilisent des ultrasons pour détecter les défauts présents dans les rails. Comme cette technologie ne peut être embarquée dans des drones (l'équipement pèse une cinquantaine de kilogrammes), la question de quels capteurs embarquer se pose. Des caméras optiques et LIDARS sont envisagés.

Aspects sécuritaires

À l'heure actuelle, le vol hors vue (BVLOS – beyond visual line of sight) est autorisé uniquement à l'intérieur des sites de test de la FAA⁹⁹ (voir § Chaîne de valeur, paysage industriel et opportunités de collaboration). Comme le montre la mise en place du programme *Pathfinder*, il représente cependant un enjeu majeur, et est identifié comme tel par la FAA. La barrière principale à laquelle se heurte le vol hors vue est l'intégration des drones dans l'espace aérien. Les acteurs de la recherche et de l'industrie ont également conscience de l'importance du sujet et se montrent actifs en la matière. Pour David Yoel, CEO de American Aerospace Technologies Inc, « ce sont les utilisateurs non coopératifs de l'espace aérien auxquels nous devons porter attention : ils n'ont pas l'obligation de remplir un plan de vol ou d'utiliser une radio ; nous devons être capables de les détecter et de les éviter sans leur coopération. Si nous ne pouvons le faire, il n'y aura pas de vol hors vue dans l'industrie du drone »¹⁰⁰. Comme les méthodes de détection basées sur la vision peuvent être perturbées par le mauvais temps, Textron travaille sur un système audio qui annule le son du moteur du drone, et recherche des sons situés dans le spectre émis par d'autres moteurs. La NASA mène également des recherches portant sur la problématique « voir et éviter » au sein de la thématique plus large de l'intégration dans l'espace aérien (séparation des aéronefs, communications, intégration des systèmes humains, certification, test intégrés et évaluation) - voir Figure 33. De son côté, Precision Hawk a développé le LATAS (Low Altitude Tracking and Avoidance System), un système embarqué fonctionnant à l'aide du réseau cellulaire.

⁹⁶ NASA's Unmanned Air Traffic Management Prototype, *Unmanned systems* vol.33, septembre 2015.

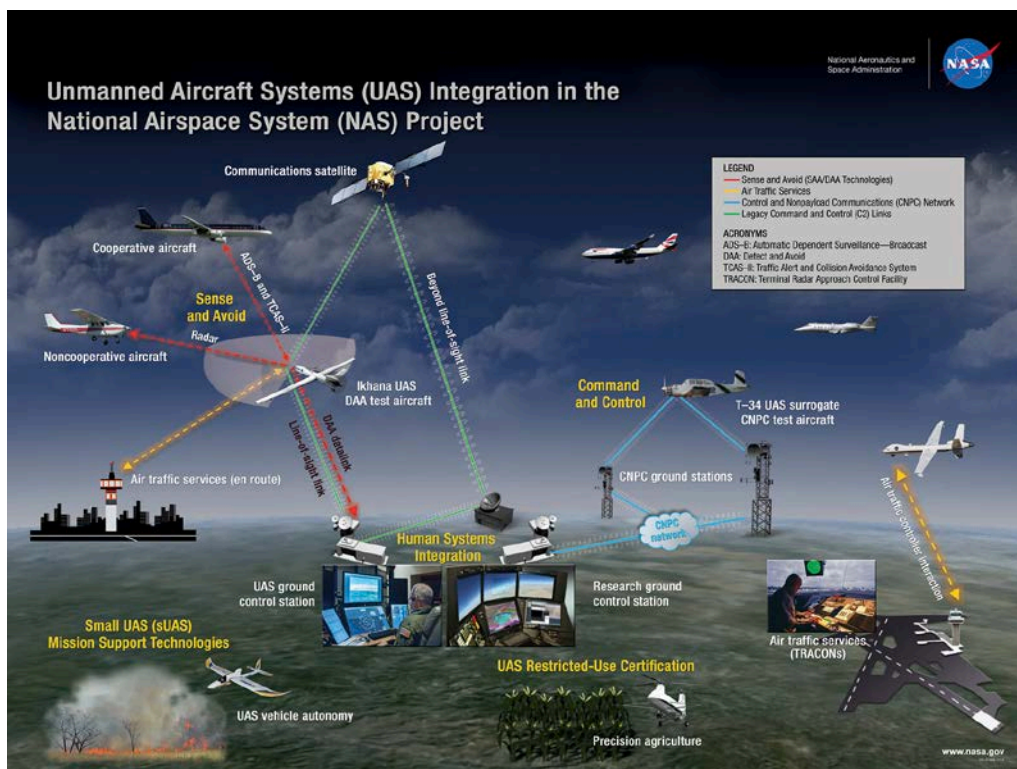
⁹⁷ *Commercial drones could require direct human oversight for years, FAA says*, The Guardian, 7 octobre 2015.

⁹⁸ *CNN'S UAS pathfinder mission*, uasmagazine.com, 18 septembre 2015.

⁹⁹ Voir le paragraphe à ce sujet dans la partie « Chaîne de valeur, paysage industriel et opportunités de collaboration ».

¹⁰⁰ *Seeing beyond the long range potential of UAS*, UAS magazine, Q3 2015.

Figure 33 - Intégration des drones dans l'espace aérien national¹⁰¹



Afin d'éviter les situations dangereuses aux abords des aéroports ou de zones très densément peuplées, certains constructeurs comme DJI ou 3D Robotics ont mis en application fin 2015 plusieurs mises à jour sur leurs drones, qui les empêchent de pénétrer un espace aérien spécifique : c'est le *geofencing*. DJI travaille actuellement avec Airmap (spécialiste de l'espace aérien digital) afin d'incorporer les restrictions de vol temporaires pouvant être émises par la FAA¹⁰². Par ailleurs, le sénateur C. Schumer tente d'introduire un amendement à la FAA rendant le *geofencing* obligatoire. Finalement, les opérateurs de drones de plus de 250 grammes (utilisations commerciales et loisir confondues) ont depuis décembre 2015 l'obligation d'enregistrer leur appareil auprès de la FAA¹⁰³. Ces exemples démontrent toute l'attention que portent les autorités aux aspects sécuritaires et à l'encadrement de l'utilisation des drones, notamment par le grand public.

Segments de marché d'intérêt

Agriculture

Bien que l'agriculture ne représente que 1 % du PIB des États-Unis, les terres agricoles comptent pour près de 45 % de la surface du territoire¹⁰⁴. D'après le rapport de la Bank of America Merrill Lynch, le marché des robots dans l'agriculture aux États-Unis représentera en 2020 16,3 milliards de dollars, contre 817 millions en 2013¹⁰⁵. De plus, un rapport de l'AUVSI (Association for Unmanned Vehicle Systems International) prévoit que ce secteur représentera en 2025 plus de 85 % des ventes de drones aux États-Unis¹⁰⁶.

En juillet 2015, l'AFBF (American Farm Bureau Federation) et Informa Informatics ont publié un rapport quantifiant les bénéfices apportés par les drones dans l'agriculture de précision aux États-Unis¹⁰⁷. D'après cette étude, les applications les plus pertinentes sont les activités de reconnaissance (*crop scouting*), la cartographie 3D, et l'évaluation des dommages subis par les cultures. Dans le secteur de la reconnaissance, les drones sont en effet capables de fournir de manière sûre et peu chère des images infrarouges exploitées pour déterminer le niveau de

¹⁰¹ Source : NASA.

¹⁰² *Why Your Drone Can't Fly Near Airports Anymore*, Fortune, 18 novembre 2015.

¹⁰³ <https://www.faa.gov/uas/registration/>

¹⁰⁴ *World development indicators, agriculture*, World Bank, 2012.

¹⁰⁵ *How drones will drastically transform U.S. agriculture, in one chart*, marketwatch.com, 17 novembre 2015.

¹⁰⁶ *AUVSI Economic Report 2013*.

¹⁰⁷ *Quantifying the Benefits of Drones in Precision Agriculture*, American Farm Bureau Federation and Informa Economics, juillet 2015.

santé des cultures et ainsi optimiser l'équilibre entre la production et les coûts. De son côté, la cartographie 3D permet d'améliorer les systèmes d'irrigation des champs. Enfin, pour les assurances, l'utilisation de drones augmente la précision de l'évaluation des dommages liés à la météo. L'étude fournit également un outil permettant de calculer le retour sur investissement réalisé par des agriculteurs utilisant des services à partir de systèmes de drones. Dans ce domaine, les sociétés Agribotix et Precision Hawk font figure de spécialistes.

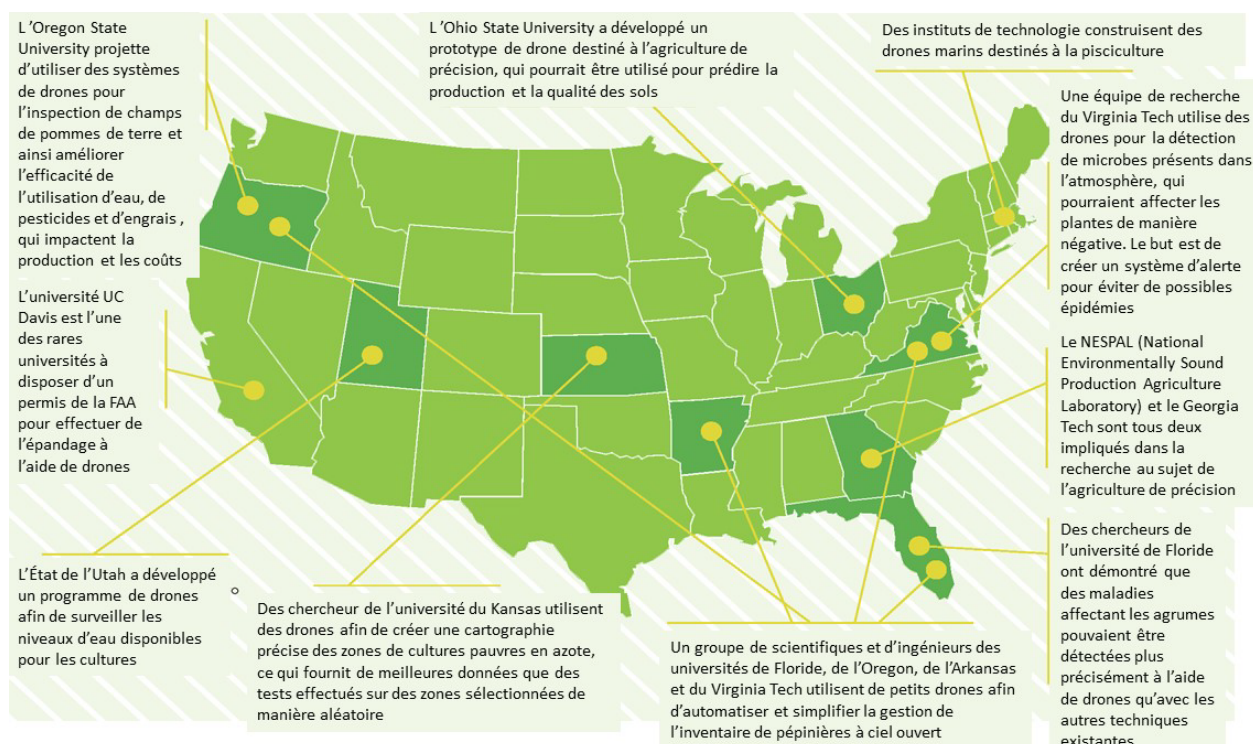
L'utilisation d'avions pour l'épandage massif (interdit en France) permet l'emport de charges utiles plus importantes que celles embarquées dans des drones. Pour cette application spécifique, l'avion reste le plus compétitif grâce au faible coût de l'essence ainsi que de la formation de pilote aux États-Unis. D'après l'USDA (département de l'agriculture du gouvernement américain), 17 % de la surface des cultures américaines (soit 29 millions d'hectares) sont traitées à l'aide d'épandage aérien. Les cultures les plus traitées à l'aide de moyens aériens sont le maïs, le blé, l'orge et le soja.

Au niveau de la recherche, de nombreuses universités sont actives dans les secteurs de l'utilisation de drones dans l'agriculture¹⁰⁸ :

- Dans le cadre de ses recherches sur le Fusarium, nocif pour les plantes et les animaux, l'université de Virginia Tech utilise des drones afin d'étudier comment ces microbes se déplacent dans l'air en les capturant à des centaines de mètres au dessus du sol. Ces recherches devraient mener à une meilleure compréhension de la propagation des maladies et améliorer la sécurité des cultures.
- L'université de Floride utilise de petits drones équipés de caméras infrarouges pour la détection d'une bactérie tueuse d'agrumes (maladie du dragon jaune).
- L'université de Californie à Davis a engagé une collaboration avec Yamaha Motor Corp. USA, fabricant de drones hélicoptères pour de l'épandage (d'eau ou de pesticides) sur des vignes et vergers. Les turbulences générées par le rotor permettraient aux sprays de pénétrer profondément dans les feuillages.

D'autres projets de recherche sont représentés sur la carte ci-après.

Figure 34 - Cartographie des projets de recherche concernant l'utilisation de drones dans l'agriculture¹⁰⁹



¹⁰⁸ UAS in agriculture research, increasinghumanpotential.org.

¹⁰⁹ UAS in agriculture research, increasinghumanpotential.org.

Génie Civil

Le secteur du bâtiment et travaux publics représente 4 % du PIB des États-Unis. Dans ce domaine, les drones permettent notamment de suivre l'évolution de travaux, comme lors de la construction du nouveau stade des Sacramento Kings en Californie : les zones de travaux en retard peuvent être identifiées rapidement. Aux États-Unis, le secteur du bâtiment et travaux publics serait en effet en retard par rapport à d'autres industries en termes de productivité, en raison de problèmes liés à la planification, à la coordination et à la communication¹¹⁰.

Le potentiel des drones dans ce domaine est donc étudié, comme au laboratoire CONECTech de la Georgia Tech's School of Building and Construction. Ce dernier bénéficie d'une bourse de 75000\$ de l'Administration fédérale des routes (Federal Highway Administration) et du département du transport de l'État de Géorgie (Georgia Department of Transportation). Le but est d'évaluer l'utilisation des drones pour la surveillance des chantiers lors de la construction des routes.

En raison des nombreuses évolutions requises dans le plan vertical, les drones utilisés dans le domaine du génie civil sont majoritairement des multicoptères. C'est le cas de l'appareil fabriqué par la société américaine Kespry, spécialisée dans les systèmes de drones automatisés : aucun pilote n'est requis. À l'aide d'une tablette, l'utilisateur sélectionne la zone du vol, et le plan de vol optimal est ensuite créé automatiquement. Les domaines d'applications ciblés sont le bâtiment et travaux publics ainsi que le secteur minier. Dans les deux cas, le drone collecte des images et en extrait des cartes ainsi que modèles 2D et 3D. La société a réussi une levée de fonds de 10 millions de dollars, menée par Lightspeed Venture Partners. Bien qu'évoluant sans pilote, les drones Kespry bénéficient de l'exemption 333 de la FAA¹¹¹.

Sécurité civile

D'après l'AUVSI¹¹², ce secteur est le plus prometteur après l'agriculture (6 % des ventes de drones aux États-Unis en 2025). L'arrivée des drones dans ce domaine commence d'ailleurs à se faire sentir : en septembre 2015, la police du Michigan a reçu l'autorisation d'opérer ses drones dans l'intégralité de l'État¹¹³.

Neuf drones *Predator B* sont utilisés pour la surveillance de la frontière avec le Mexique. D'après un audit de l'inspecteur général sur l'année 2013, le coût de l'heure de vol s'élèverait cependant à 12 255 \$, soit cinq fois plus qu'initialement estimé¹¹⁴. Cette méthode est donc contestée et qualifiée d'inefficace : moins de 2 % des migrants illégaux arrêtés en Arizona l'ont été à l'aide de drones. L'avenir de cette méthode de surveillance des frontières semble donc incertain.

Le secteur de la lutte contre les incendies à l'aide de drones se heurte actuellement au fait que seul le vol à vue est autorisé, condition difficilement réalisable en raison de la mauvaise visibilité présente aux alentours des feux. En octobre 2015, sur la base de Lucky Peak (Idaho), des essais ont cependant été conduits pour le compte du gouvernement (US Department of the Interior (DOI) et US Forest Service, Fire and Aviation Management agency) par les avionneurs Kaman et Lockheed-Martin¹¹⁵. La collaboration entre deux drones a été testée : le drone Indago, de Lockheed-Martin a repéré les lieux de haute température et les a transmis au drone hélicoptère K-Max, de Kaman, qui a procédé aux largages. Cette manière de procéder permettrait à l'avenir de ne pas risquer la vie de pilotes lors de la lutte contre les incendies, qui nécessitent de voler dans de très mauvaises conditions. Afin de s'affranchir d'une demande d'exemption 333 à la FAA, un pilote était présent dans l'hélicoptère télépilote. Il est à noter que l'hélicoptère K-Max est issu du secteur militaire : dans sa version télépilote, il a été utilisé en Afghanistan pour le ravitaillement de bases isolées.

Infrastructures et Réseaux

Avec plus de 228 000 kilomètres de rails et plus de 2 millions de kilomètres de *pipelines*, les réseaux constituent un marché important. L'utilisation des drones dans ce secteur d'application est pertinente en vol hors vue ; plusieurs vols de démonstration dans ce contexte ont été effectués :

¹¹⁰ *New Boss on Construction Sites Is a Drone*, technologyreview.com, 26 août 2015.

¹¹¹ *Drones Approved by the FAA under Section 333*, dronelaw.pro, 18 janvier 2016.

¹¹² AUVSI Economic Report 2013.

¹¹³ *Flying UAS to protect and serve*, InsideUnmannedSystems, septembre 2015.

¹¹⁴ *U.S. surveillance drones largely ineffective along border, report says*, The Washington Post, 6 janvier 2015.

¹¹⁵ *Unmanned K-MAX completes firefighting demo*, verticalmag.com, 20 octobre 2015.

- À l'intérieur d'une zone de test en Virginie, 64 kilomètres de *pipeline* ont été inspectés. La mission a été menée en collaboration avec le Mid-Atlantic Aviation Partnership (MAAP), l'université Virginia Tech et le Pipeline Research Council International.¹¹⁶
- Dans le contexte du programme Pathfinder, Insitu (filiale de Boeing) a effectué l'inspection d'une centaine de kilomètres de voies ferrées (en partenariat avec BNSF Railway)¹¹⁷. La BNSF possède plus de 52 300 kilomètres de rails, actuellement inspectés dans leur intégralité par du personnel deux fois par semaine, même dans les zones les plus reculées. Selon cette société, les drones permettraient d'inspecter les voies plus fréquemment¹¹⁸.
- Les investissements d'Airware (entre 250 000 et 1 000 000 de dollars), société américaine concevant des systèmes d'exploitation pour drones civils dans Redbird (startup française positionnée sur l'analyse et le traitement des données) et Sky-Futures (fournisseur de services anglais dans l'inspection d'infrastructures par drones) démontre l'intérêt grandissant des acteurs du drone pour le domaine de l'inspection d'infrastructures. Présente aux États-Unis, Sky-Futures USA a obtenu l'exemption 333 de la FAA et cible en particulier le marché de l'*Oil & Gas* dans le golfe du Mexique¹¹⁹ : ses activités portent sur l'inspection des plateformes *off shore*. Celles-ci doivent être totalement arrêtées lorsque l'inspection est effectuée par une personne, ce qui n'est pas le cas avec des drones. Les économies générées sont donc extrêmement conséquentes. L'entreprise n'a pour l'instant pas la possibilité de se positionner sur l'inspection de *pipelines*, qui nécessite des opérations hors vue, actuellement non couvertes par l'exemption 333.

Chaîne de valeur, paysage industriel et opportunités de collaboration

Le domaine des drones civils est fortement animé par des géants tels que Facebook, Google ou Amazon, qui comptent utiliser ces appareils pour fournir l'accès à Internet ou livrer des colis. 419 modèles de drones civils étaient en développement ou en construction aux États-Unis en 2015, contre 117 en France. Certains constructeurs utilisent leur expérience acquise dans le domaine militaire pour se positionner sur le marché civil, comme AeroVironment (CA relié aux drones de 221 M\$ en 2015) ou Insitu (Groupe Boeing) ; la filière militaire regroupe des poids lourds tels que General Atomics, Boeing, Lockheed-Martin ou General Dynamics.

L'AUVSI a publié en juillet 2015 les caractéristiques des 500 premiers drones autorisés par l'exemption 333, par secteurs d'applications (voir Tableau 21). Le poids moyen est toujours inférieur à 5 kg, cependant l'endurance moyenne varie fortement en fonction du secteur d'application (environ 38 minutes dans l'agriculture, pour 97 minutes dans le secteur de l'*Oil & Gas*). Cette typologie de drones est semblable à celle présente sur le marché français.

Tableau 21 : Caractéristiques des 500 premiers drones autorisés par l'exemption 333¹²⁰

Secteur d'application	Poids moyen (en kg)	Endurance moyenne (en minutes)
Agriculture	4,1	37,6
Immobilier	2,3	23,1
Film et TV	5,4	19,1
<i>Oil & Gas</i>	4,1	97,4
Génie civil	3,2	26,9

¹¹⁶ *Seeing beyond the long range potential of UAS*, UAS magazine, Q3 2015.

¹¹⁷ *Insitu and BNSF ScanEagle first commercial BVLOS flight*, Suasnews, 25 novembre 2015.

¹¹⁸ *Why BNSF Railway is using drones to inspect thousands of miles of rail lines*, Fortune, 29 mai 2015.

¹¹⁹ *Sky-Futures USA earns UAV exemption for oil, gas inspection*, uasmagazine.com, 19 mars 2015.

¹²⁰ *Snapshot of the First 500 Commercial UAS Exemptions*, Association for Unmanned Vehicle Systems International (AUVSI), juillet 2015.

Le marché des drones civils aux États-Unis est caractérisé par des investissements importants dans les *start-up*, favorisées par une législation du travail souple ainsi qu'une relative facilité à lever des fonds. De plus, la visibilité réduite sur les perspectives de développement de la filière inhibe peu le lancement de nouveaux projets. Ces projets sont principalement axés sur le marché intérieur qui offre une volumétrie importante : pour la majorité des acteurs aux États-Unis, l'export ne semble pas constituer une priorité. Enfin, les *start-up* locales ont rapidement identifié qu'un des enjeux majeurs réside dans l'analyse des données, leur gestion ainsi que leur diffusion.

Six sites de tests dédiés aux drones sont devenus opérationnels en 2014. Ceux-ci font face à certains problèmes organisationnels, incluant le fait que la FAA ne puisse leur indiquer de directives spécifiques concernant les orientations à choisir en termes de recherche et développement¹²¹. Il semble donc que les objectifs de chaque site restent relativement flous. Les six centres de tests sont les suivants :

- **Lone star UAS systems center of excellence** : ce site collabore avec la NASA, les services forestiers et le département des douanes et protection des frontières.
- **Mid-Atlantic Aviation Partnership** : ce centre met l'accent sur le rôle des drones dans les médias et l'inspection de *pipelines*.
- **Northern Plains UAS test site** : ce site a la particularité d'avoir obtenu un certificat d'autorisation de la FAA permettant l'utilisation de drones jusqu'à une altitude de 1 200 pieds (365 mètres) dans tout l'État du Dakota du Nord. Son sujet de prédilection est l'intégration des drones dans l'espace aérien.
- **Northeast UAS Airspace Integration Research Alliance** : ce centre de recherche se concentre sur les technologies voir et éviter (*sense & avoid*), basées au sol, à l'aide de radars.
- **Nevada Institute for Autonomous Systems** : premier site autorisé à produire des certificats de navigabilité pour les aéronefs dans la catégorie « expérimentale », réduisant ainsi le temps requis par les procédures administratives. Ce site est dédié aux tests et à la formation.
- **Pan-Pacific UAS Test Range Complex** : dirigé par l'université d'Alaska Fairbanks, ce site possède des installations en Alaska, Oregon, et Hawaï. Cette diversité géographique permet des essais en conditions arctiques, tropicales et arides.

Stratégie de pénétration du marché

En raison de la densité du paysage industriel aux États-Unis, la concurrence locale s'annonce extrêmement forte, et un positionnement qui différencie est impératif. Dans le domaine du drone, la France jouit toutefois dans ce pays d'une bonne réputation. Celle-ci repose sur l'utilisation des technologies françaises « en conditions réelles » grâce à la mise en place précoce d'une réglementation en France : les drones français sont donc perçus comme robustes et éprouvés, ce qui constitue un argument de poids aux États-Unis.

L'expérience française en vol hors vue paraît donc valorisable, même si cet axe de recherche se développe aux États-Unis grâce au programme *Pathfinder* et aux activités menées sur les différents sites de test. La mise en place d'une réglementation sur le vol hors vue pourrait prendre plusieurs années, ce qui donne le temps aux acteurs américains de combler leur retard et diminue l'avance française dans ce domaine. Il est également probable que si le vol hors vue est autorisé, il sera soumis à des normes strictes potentiellement différentes de celles établies en France. La compatibilité des futures exigences américaines avec les pratiques françaises est difficile à prévoir, mais les appareils volant hors vue aux États-Unis devront vraisemblablement être dotés de dispositifs de *detect & avoid*.

Le vol hors vue est également investigué par des géants comme Amazon, Google et Facebook. Dans le secteur de la livraison par drone, l'influence d'Amazon et Google ainsi que l'avancement de leurs recherches semblent rendre l'entrée de nouveaux acteurs sur ce marché quasi impossible.

Si une concurrence frontale avec les acteurs américains paraît présenter peu de chances de succès, les partenariats avec ceux-ci représentent un axe de pénétration intéressant : c'est le choix effectué par Redbird et Delta Drone¹²², tous deux associés à l'américain Airware, fournisseur d'un système d'exploitation destiné aux drones civils. Delta Drone et Redbird possèdent des expertises métiers fortes dans des secteurs comme l'agriculture, la surveillance d'infrastructures ou les études topologiques dans le domaine minier : elles proposent donc une offre de service globale à forte valeur ajoutée, allant de l'acquisition des données jusqu'à leur interprétation et restitution. C'est cet aspect qui donne son sens au partenariat avec Airware, qui développe des

¹²¹ *Examining progress at the UAS test sites*, Unmanned Systems, juillet 2015.

¹²² *Delta Drone Partners with Airware*, unmannedsystemstechnology.com, 18 mai 2015

solutions de gestion du vol, d'analyse et de partage de données configurables rapidement selon l'utilisation désirée. Ces partenariats ne peuvent s'effectuer à distance : pour une entreprise française souhaitant s'implanter aux États-Unis, la culture américaine requiert un service client réactif, joignable localement et disposant de personnel sur le terrain. De façon générale, les affaires aux États-Unis se font entre personnes et non entre entreprises : le relationnel joue un rôle prépondérant, concision et franchise sont appréciées.

Delta Drone souhaite également dispenser aux États-Unis son offre de formation au pilotage¹²³ (manuel et automatique) en ciblant des expertises métier comme les mines ou l'agriculture. À nouveau, l'expérience française acquise « en conditions réelles » dans des domaines d'applications spécifiques représente un argument fort. La formation peut ensuite se transformer en une opportunité de vente de vecteurs et de charges utiles.

En conclusion, la stratégie de pénétration du marché américain semble nécessiter la mise en place de partenariats avec des sociétés aux capacités complémentaires de celles proposées par les acteurs français. De par sa taille et l'expertise française à son sujet, l'agriculture semble être le secteur d'application à privilégier.

Tableau 22 - Analyse SWOT - États-Unis

Forces des É-U dans le domaine des drones	Faiblesses des É-U dans le domaine des drones
<ul style="list-style-type: none"> - Industrie aéronautique et expérience dans le domaine des drones militaires - Capacité à investir dans les <i>start-up</i> et à lever des fonds d'investissement - Dynamisme de la R & D en collaboration avec les autorités (sites de test de la FAA, programme Pathfinder, etc) 	<ul style="list-style-type: none"> - Mise en place tardive d'une réglementation - Retard sur le vol hors vue en 2015
Opportunités pour les acteurs français	Menaces pour les acteurs français
<ul style="list-style-type: none"> - Bonne image de la France en matière de drones civils (technologies éprouvées sur le terrain) 	<ul style="list-style-type: none"> - Besoin de s'adapter à la culture américaine (culture du service client : nécessité de l'implantation d'un bureau local et de personnes sur le terrain) - Patriotisme (préférence pour les technologies locales) - Nécessité d'apporter de réelles solutions différentes

¹²³ Delta drone conçoit des aéronefs et forme à leur pilotage, Le Progrès, 22 août 2015

Allemagne

Contexte technico-économique

Avec 81,2 millions d'habitants en 2014, l'Allemagne est le pays le plus peuplé de l'UE ; la densité de population est importante (232 habitants/km², contre 120 pour la France). Première puissance économique d'Europe et quatrième PIB au monde, l'Allemagne est très présente dans les secteurs de l'industrie automobile, chimique et aéronautique¹²⁴ (environ 150 entreprises dans ce secteur : Airbus Group, Liebherr Aerospace, MTU Aero Engines,...). L'investissement en R & D dans l'aéronautique représentait en 2011 près de 20 % du chiffre d'affaires de ce domaine¹²⁵; la compétitivité est soutenue par des organismes de recherche tels que le centre allemand de recherche aérospatiale (DLR). 79 modèles de drones étaient en développement en 2015 contre 117 en France¹²⁶.

Contexte réglementaire

En Allemagne, les drones civils utilisés de façon commerciale sont considérés comme des avions et doivent donc appliquer les mêmes règles que ces derniers^{127, 128}. De plus :

- Le vol hors vue est interdit ;
- La hauteur maximale des évolutions est de 100 mètres au-dessus du sol ;
- L'utilisation au-dessus des personnes est interdite ;
- Les drones de plus de 25 kg sont interdits ;
- L'utilisation commerciale de drones est soumise à autorisation (voir Figure 35) :
 - En-dessous de 5 kg, un permis peut être émis par la région (les conditions d'obtention peuvent varier de région en région) ;
 - Au-dessus de 5 kg, un permis individuel est requis, et des vérifications sont entreprises avec les propriétaires du terrain survolé ainsi que les autorités locales. Dans tous les cas, une preuve d'assurance est obligatoire. Comme la majorité des assureurs ne couvrent pas les dommages causés par les drones, une assurance spéciale est requise ; celle-ci peut être fournie par les associations d'aéromodélisme. Enfin, la preuve de la formation du pilote et de son expérience doivent aussi être fournies.

Cependant, des changements sont attendus : le ministre allemand des transports, A. Dobrindt, souhaite réformer les réglementations, en autorisant par exemple la possibilité de vol hors vue pour les drones civils commerciaux. Le ministre met en avant les opportunités que cela offrirait dans les domaines de l'agriculture et de la surveillance des transports. Un autre règlement attendu consiste en l'identification obligatoire de tous les utilisateurs de drones de masse supérieure à 500 grammes.

¹²⁴ *Marché aéronautique en Allemagne*, Strategy & Action International, 2014.

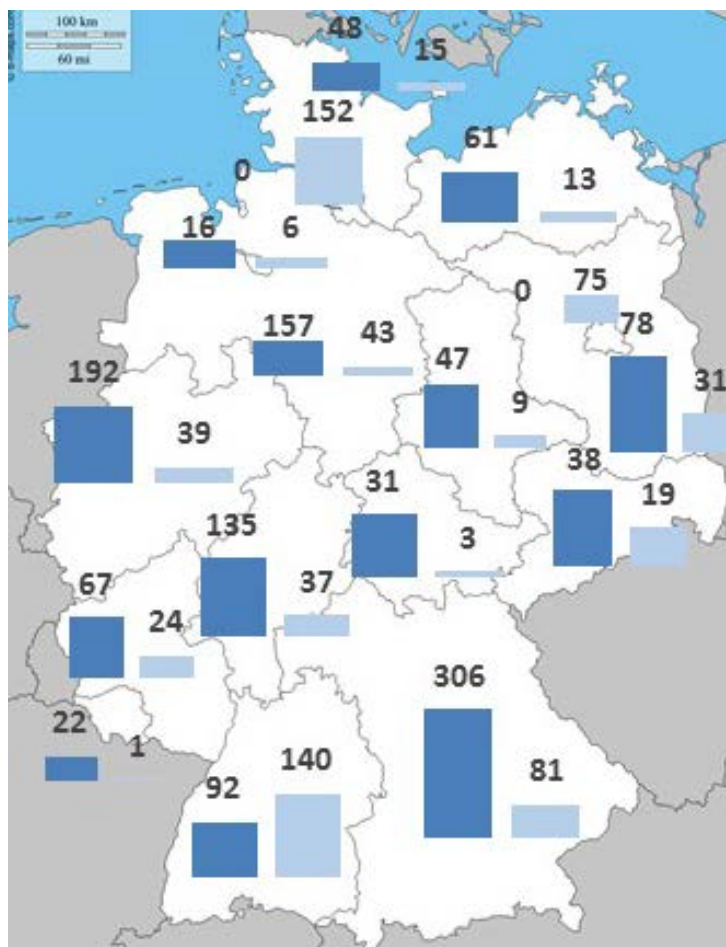
¹²⁵ *Marché aéronautique en Allemagne*, Strategy & Action International, 2014.

¹²⁶ *2015 Yearbook, - RPAS, The global perspective –13th edition – June 2015*, Blyengurg & Co.

¹²⁷ *Civilian drones and the legal issues surrounding their use*, Wilde Beuger Solmecke, 2014.

¹²⁸ *Gemeinsame Grundsätze des Bundes und der Länder für die Erteilung der Erlaubnis zum Aufstieg von unbemannten Luftfahrtsystemen gemäß § 16 Absatz 1 Nummer 7 Luftverkehrs-Ordnung (LuftVO)*, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, décembre 2013.

Figure 35 - Répartition par région du nombre d'autorisations en 2013.
Bleu foncé : masse < 5kg ; bleu clair : masse > 5 et < 25kg ; total : 1978)¹²⁹



Aspects sécuritaires

L'Allemagne possède l'une des législations les plus strictes (au niveau européen) concernant la protection des données¹³⁰. Cela constitue un frein pour les secteurs d'applications comme la surveillance du transport routier et l'observation de foules : à titre d'exemple, la reconnaissance automatique des numéros de plaques d'immatriculation par caméra, effectuée par les forces de l'ordre afin de les comparer aux véhicules recherchés présents dans les bases de données a été déclarée inconstitutionnelle.

L'Allemagne faisant partie de l'Union européenne, il n'y a pas de limitations pour les sociétés françaises concernant des autorisations d'export des technologies à double usage. Cependant, le mot « drone » est encore en Allemagne très largement associé au domaine militaire et est relativement mal perçu par la population (en particulier par les générations plus âgées) ; l'engouement suscité par les drones jouets est par ailleurs moins développé qu'en France. De manière générale, très peu de communication est effectuée sur les technologies militaires en Allemagne, même si le pays fait partie des cinq plus grands producteurs d'armes au monde¹³¹ : le domaine militaire demeure un sujet sensible.

¹²⁹ Fachtagung: Drohnensteuerung im Alpenraum, bavAIRia, 27 janvier 2015.

¹³⁰ Study on privacy, data protection and ethical risks in civil remotely piloted aircraft systems operations, Commission Européenne, novembre 2014.

¹³¹ Stockholm International Peace Research Institute yearbook 2015.

Segments de marché d'intérêt

Génie civil

Le secteur du BTP représente, en 2013, 4 % du PIB de l'Allemagne et constitue donc un marché important. Le contrôle et l'inspection d'ouvrages d'art ne semblent pas nécessiter de vol hors vue et s'effectuent dans des zones relativement non peuplées, ce qui constitue un avantage au niveau réglementaire. Dans un contexte de vieillissement et de mise aux normes des bâtiments (efficacité énergétique), le département de contrôle non destructif de l'institut Fraunhofer (Saarbrücken) développe et adapte des drones pour l'inspection de bâtiments : pour une façade de 20 x 80 mètres, une inspection classique prend entre deux et trois jours ; à l'aide du drone de l'institut Fraunhofer, ce temps est réduit à quatre heures¹³².

Très présente en Allemagne, la société Caterpillar (positionnée notamment sur le secteur de la construction) a en décembre 2015 signé avec la startup française Redbird un accord de commercialisation portant sur la collecte et l'analyse de données à l'aide de drones dans le domaine du suivi des chantiers (gestion de l'inventaire du matériel et optimisation des routes d'accès), des mines et des carrières. Cela traduit l'intérêt que suscitent les drones dans ce domaine.

Infrastructures et réseaux

En Allemagne, 26 % de l'électricité produite en 2014 était renouvelable, dont 9 % provenait de l'éolien¹³³ : 24 876 éoliennes étaient installées dans le pays en 2014¹³⁴, ce qui représente 9 % du nombre d'éoliennes à l'échelle mondiale, selon une estimation de Navigant Research. Cet organisme prévoit que l'utilisation de drones pour l'inspection d'éoliennes représentera en 2024 un marché de 6 milliards de dollars au niveau mondial¹³⁵ : les coûts d'opération et de maintenance des éoliennes terrestres représentent en effet 11 à 30 % du coût complet de production de l'électricité d'origine éolienne¹³⁶.

De par le nombre de turbines installées, l'Allemagne apparaît donc comme un pays propice au développement du marché de l'inspection d'éoliennes par drone.

La réglementation actuelle peut cependant constituer un frein à son développement : de nombreuses éoliennes dépassent largement les 100 mètres de hauteur, qui est actuellement la hauteur de vol maximale permise. Cette utilisation ne semble cependant pas nécessiter de vol hors vue et s'effectue dans des zones non peuplées. L'entreprise britannique Cyberhawk démontre la faisabilité de l'idée : à l'aide d'un drone allemand de la marque **Ascending Technologies** (rachetée en janvier 2016 par Intel), elle a réalisé l'inspection complète de trente éoliennes en deux semaines, soit deux à quatre fois plus rapidement, selon elle, qu'avec les méthodes traditionnelles.

La forte progression de la proportion d'électricité produite à partir de sources renouvelables implique d'importantes contraintes en matière de gestion du réseau : la défaillance d'une ligne électrique à haute tension peut dans certains cas devenir extrêmement problématique. Ce contexte paraît donc propice à une augmentation des inspections des lignes électriques, potentiellement à l'aide de drones. Les sociétés allemandes Microdrone et Aibotix mettent d'ailleurs déjà en avant des drones adaptés à cette utilisation : Aibotix fournit Westnetz GmbH, filiale à 100 % du géant de l'énergie allemand RWE¹³⁷.

¹³² *Fast building inspection from the air*, Fraunhofer, 1^{er} juillet 2014.

¹³³ Statistisches Jahrbuch 2015, Office Fédéral des Statistiques.

¹³⁴ *Yearbook Wind Energy 2015*, German Wind Energy Association.

¹³⁵ *Unmanned Aerial Vehicles and Inspection Services for Wind Turbines: Global Market Assessment and Forecasts*, Navigant Research 2015.

¹³⁶ *Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series*, Wind Power, IRENA 2012.

¹³⁷ *Westnetz - inspection of overhead powerlines*, aibotix.com.

Sécurité civile

Les domaines de la sécurité civile, de la justice et des activités judiciaires constituent 3,4 % des dépenses publiques totales¹³⁸, soit 1 % du PIB. Comme indiqué précédemment, l'utilisation de drones pour la surveillance a été évoquée par le ministre des transports (l'Allemagne dispose de 12 900 km d'autoroutes, et 78 % des biens sont transportés par la route).

L'obstacle principal dans ce domaine semble être l'opinion publique, pour laquelle l'utilisation de drones à des fins de surveillance de personnes est très négativement perçue.

L'emploi de drones par les forces de l'ordre et l'armée est cependant déjà effectif : en Saxe, le constructeur allemand Microdrone équipe la police locale de son quadricoptère md4-1000, pour la surveillance des foules lors d'événements sportifs par exemple¹³⁹. De plus, le fabricant allemand AirRobot fournit l'armée avec des drones de reconnaissance ARB100-B, de petite taille.

Agriculture

L'agriculture ne représentait en 2013 que 1 % du PIB allemand¹⁴⁰. Cependant, le niveau de mécanisation de l'agriculture allemande fait partie des plus élevés au monde, notamment grâce à l'utilisation de capteurs et de technologies de cartographie de la production¹⁴¹. De plus, les exploitations agricoles sont de grande taille (55,8 Ha par exploitation en 2010, soit l'une des plus hautes moyennes européennes), et leur valeur économique totale s'élevait à 41,5 milliards d'euros en 2011, l'une des plus élevées d'Europe¹⁴².

Le parlement européen rapporte que dans le domaine de l'agriculture de précision¹⁴³, la mise en place de méthodes de fertilisation à l'azote spécifiques à la localisation mènerait à des avantages économiques compris entre 10 et 25 euros par hectare (différence théorique entre l'utilisation d'azote en fonction de la localisation et son utilisation uniforme).

À titre d'exemple, l'Université des sciences appliquées de Rhine-Waal a créé des activités de recherche sur l'ensemble de la chaîne de valeur du drone dans le domaine de l'agriculture (capteurs, vecteurs, transmission et analyse des données). Des collaborations sont mises en place avec l'Université et le Centre de recherche de Wageningen (télé-détection), le Centre de recherche sur l'agriculture Haus Riswick, le spécialiste de l'instrumentation sceme.de, la société IMST GmbH dans le domaine des radars et le Centre de recherche sur l'agriculture BLGG.

Dans le cas où les barrières réglementaires seraient levées, le secteur de l'agriculture de précision semblerait donc propice à l'utilisation de drones.

Chaîne de valeur, paysage industriel et opportunités de collaboration

La filière du drone civil allemand est émergente mais se développe rapidement (un salon international du drone, Dronescom, se tiendra à Essen en 2016). 79 modèles de drones ont été développés en Allemagne. Les principaux constructeurs sont :

- Aibotix, constructeur spécialisé dans les drones dédiés à la cartographie et à l'inspection industrielle : son modèle X6 multirotors dispose d'une charge utile de 2 kg. Le chiffre d'affaires de l'entreprise s'élève à 2,4 M€ en 2013¹⁴⁴.
- AirRobot, positionné tant sur le domaine civil que militaire : ce constructeur fournit notamment l'armée allemande avec le modèle AR100-B, un micro-drone multirotors utilisé pour la reconnaissance en environnements difficiles et en intérieur. Dans le domaine civil, AirRobot cible principalement les secteurs de la surveillance, de l'inspection et de la sécurité civile. L'entreprise mise de plus sur la portabilité de ses drones, qui se plient et se rangent de manière aisée.

¹³⁸ *Statistisches Jahrbuch 2015*, Office Fédéral des Statistiques.

¹³⁹ *UAVs for civil security*, microdrones.com.

¹⁴⁰ *Taille du marché de l'agriculture en dollars US courants*, Banque Mondiale, 2013.

¹⁴¹ *Agricultural Development and Mechanization in 2013, A Comparative Survey at a Global Level*, S. Böttinger, R. Doluschitz, J. Klaus, C. Jenane and N. Samarakoon, Université d'Hohenheim, 2013 ; *Agricultural Equipment Groups – world – July 2014*, Xerfi.

¹⁴² *Agricultural census in Germany*, Eurostat, 2012.

¹⁴³ *Precision agriculture – An opportunity for EU farmers - Potential support with the CAP 2014-2020*, European Parliament, 2014.

¹⁴⁴ Hexagon acquies Aibotix, an innovative manufacturer of advanced drones, News Cision, 18 février 2014.

- Ascending Technologies, racheté en janvier 2016 par Intel¹⁴⁵, semble relativement généraliste concernant les applications envisagées. Ce constructeur développe des drones multiroteurs de moins de 5 kg. Le chiffre d'affaires de l'entreprise s'élevait à 3,5 M€ avant son rachat par Intel.
- Microdrones conçoit des engins multiroteurs pouvant embarquer des charges utiles jusqu'à 3 kg dans des conditions difficiles (forte pluie et neige). Ce constructeur ne paraît pas spécialisé dans une application en particulier. Son chiffre d'affaires est compris entre 1 et 5 M€.

Globalement, l'offre des constructeurs allemands paraît similaire à celle des grands constructeurs français (drones de masse faible, conception du drone et de la charge utile adaptée à l'utilisation). Du côté de l'offre militaire, l'Allemagne est engagée dans la conception d'un drone Male européen (MALE 2020), portée par Airbus DS, Dassault Aviation et Finmeccanica.

Les industriels du drone germanophones (Allemagne, Autriche, Luxembourg et Suisse) sont représentés par UAV DACH (30 constructeurs, 25 opérateurs). L'objectif principal de cette association est de défendre leurs intérêts et de contribuer au développement des besoins opérationnels, concepts et procédures reliés aux drones. UAV DACH comporte plusieurs groupes de travail, en lien notamment avec les thématiques de la certification, de l'insertion dans l'espace aérien et de la problématique « voir & éviter ».

Les organismes les plus présents au niveau de la recherche sur les drones sont l'Institut de technologie de Karlsruhe, l'Institut Fraunhofer, l'Université de Stuttgart, les Universités techniques d'Aix-la-Chapelle, de Berlin, de Munich, la Bundeswehr Universität München, et le DLR (centre allemand de recherche aérospatiale).

Depuis septembre 2015, la Bavière dispose d'un centre d'essais, le DEU¹⁴⁶ (Deutsches Erprobungsgeländes für Unbemanntes Fliegen) ; celui-ci fait partie du *cluster* aéronautique de Bavière (Bavaria *Cluster Aerospace*) et peut le cas échéant disposer de son propre espace aérien. Les essais peuvent être effectués à vue, ou hors vue à l'intérieur d'une surface de 5 x 5 km (plafond à 915 mètres). Sous réserve de l'obtention des autorisations nécessaires, des drones de plus de 150 kg peuvent être testés¹⁴⁷.

Stratégie de pénétration du marché

L'Allemagne est le principal partenaire économique de la France, et un nombre croissant d'industriels français s'intéressent au marché du drone allemand. Les marchés d'application en Allemagne paraissent similaires à ceux identifiés en France. Parmi ceux-ci, la surveillance d'infrastructures et le génie civil apparaissent comme les plus pertinents : les lieux d'intérêt sont isolés et peu peuplés (fermes d'éoliennes, routes et bâtiments en construction, etc.). Ces domaines devraient donc être partiellement épargnés par les réglementations strictes concernant le survol de personnes. De plus, les critiques relatives au respect de la vie privée semblent relativement peu applicables à ces secteurs. Cet aspect peut être déterminant dans un pays où la perception des drones par la population est assez négative.

Selon la même logique, une implantation dans le secteur de la sécurité civile allemande semble compliquée, qui plus est par un acteur étranger. Dans ce domaine, une forte collaboration entre le fabricant et l'exploitant (police, armée) paraît de plus nécessaire, particulièrement au niveau de la formation des pilotes. La barrière de la langue n'est donc pas à négliger, et constitue une barrière potentielle à tout marché d'applications. La situation n'est cependant pas la même pour les grands groupes (Airbus, Thalès), qui bénéficient déjà d'une implantation dans le pays et d'activités existantes dans le domaine de la sécurité.

Les savoir-faire développés par les acteurs de la filière allemande et française sont semblables et impliquent donc une concurrence élevée. Les dronistes français renommés ont toutefois développé une compétence au sujet du vol hors vue que très peu de sociétés allemandes semblent posséder. Cet avantage pourrait par exemple être exploité pour l'inspection de lignes électriques à haute tension sur de longues distances, mais cela suppose un changement de la réglementation actuelle qui sera possible lorsque les technologies permettant un vol sûr des drones (fiabilité) et une capacité à détecter et éviter les autres aéronefs seront disponibles : faute de pouvoir disposer de ces technologies, le vol hors vue est actuellement interdit.

Dans le domaine d'application de l'inspection d'infrastructures (éoliennes et lignes à haute tension par exemple), les petits constructeurs ou opérateurs auraient la possibilité d'accéder au marché en fournissant des prestations aux grands énergéticiens présents en Allemagne.

¹⁴⁵ Intel Acquires Ascending Technologies!, *astech.de*, 4 janvier 2016.

¹⁴⁶ Official Opening of German UAS Test Site, *uasvision.com*, 15/09/2015.

¹⁴⁷ Fachtagung: Drohnensteuerung im Alpenraum, *bavAIRia*, 27 janvier 2015.

Le Tableau 23 résume l'analyse des forces, faiblesses, opportunités et menaces pour la filière du drone civil en Allemagne.

Tableau 23 - Analyse SWOT – Allemagne

Forces de l'Allemagne dans le domaine des drones	Faiblesses de l'Allemagne dans le domaine des drones
<ul style="list-style-type: none"> - Naissance de zones de tests dédiées aux drones - Qualité de la R & D - Recherche active dans le domaine des drones 	<ul style="list-style-type: none"> - Réglementation restrictive et complexe (différences entre régions) - Forte influence des aspects sécuritaires sur le développement de la filière - Les technologies à double usage restent un sujet sensible
Opportunités pour les acteurs français	Menaces pour les acteurs français
<ul style="list-style-type: none"> - Existence de collaborations franco-allemandes bien établies dans le domaine aéronautique - Difficulté peu élevée de la pérennisation de l'implantation - Marché allemand semblable au marché français - Expérience du vol hors vue 	<ul style="list-style-type: none"> - Technologies françaises semblables aux technologies allemandes (concurrence potentiellement élevée)

Espagne

Contexte technico-économique

L'Espagne, qui comptabilise 46 millions d'habitants en 2015, est le 28^e pays mondial en termes de population. Avec une superficie de plus de 500 000 km², l'Espagne est le pays le plus étendu d'Europe de l'Ouest et de l'Union européenne après la France. Longtemps considérée comme un pays agricole, l'Espagne possède aujourd'hui une économie diversifiée grâce à la croissance rapide de son industrie et à l'essor du tourisme. Le développement des industries métallurgique et textile, de la construction navale et de l'extraction minière ont notamment été motrices du développement de ce pays. Actuellement, le pays traverse une crise profonde, avec un taux de chômage supérieur à 22 %.

Contexte réglementaire

Le 7 avril 2014, l'Aesa (*Agencia Estatal de Seguridad Aerea*) a publié une interdiction de vol touchant aussi bien les pilotes de drones amateurs que les professionnels du drone civil. L'usage des drones était jusqu'à cette date toléré, sans être vraiment permis, faute de législation adéquate. Cette décision a été prise suite au survol de la ville de Madrid effectué par une société de l'audiovisuel, qui a occasionné de nombreux dépôts de plaintes.

Le 4 juillet 2014, le contexte réglementaire espagnol a cependant été mis à jour, permettant de définir un premier cadre pour l'usage professionnel des drones. Grâce à ce cadre réglementaire provisoire¹⁴⁸, les activités professionnelles impliquant des opérations de drones sont autorisées sous certaines conditions. L'usage récréatif est cependant interdit.

Ce régime provisoire concerne les dispositifs de moins de 150 kg au décollage, avec des conditions d'utilisation spécifiques. Ce cadre réglementaire s'applique cependant uniquement aux espaces aériens non contrôlés et aux zones non peuplées. Le régime établit certaines exigences, fonction du poids de l'aéronef au décollage :

- Entre 25 et 150 kg : l'opération est soumise à une autorisation de vol de la part de l'Agence espagnole de sécurité aérienne, conformément aux exigences et aux limites fixées par un certificat de navigabilité ;
- Entre 2 et 25 kg : les vols sont autorisés à vue, à une distance maximale de 500 mètres à l'horizontale et 400 pieds (122 mètres) à la verticale du pilote ;
- Moins de 2 kg : les vols hors vue sont autorisés à condition de ne pas dépasser la limite verticale des 400 pieds (122 mètres) et à condition que les moyens techniques permettent de localiser l'appareil à tout moment. Il est nécessaire de déclarer au préalable la trajectoire de vol auprès des autorités compétentes.

En dehors de ces conditions spécifiques au poids du dispositif, les drones doivent disposer d'une plaque d'identification fixée à leur structure, et les compagnies exploitantes doivent disposer d'un manuel d'exploitation et avoir mené une étude d'évaluation de risque pour chaque opération. Les pilotes doivent être accrédités et détenir une licence de pilote. Les drones ne peuvent pas opérer à moins de huit kilomètres d'un aéroport, et il est nécessaire de bénéficier d'une couverture d'assurance pour opérer.

Dans le respect de ces conditions, pour les drones de moins de 25 kg, il est possible d'opérer avec la déclaration d'un préavis de vol *a minima* cinq jours avant l'opération. Pour les drones de plus de 25 kg, une autorisation spécifique sera toujours exigée.

Face à ce régime provisoire, les travaux pour la publication d'un nouveau cadre réglementaire approfondi avancent¹⁴⁹, afin de pouvoir autoriser sous conditions les opérations en zones urbaines et étendre les conditions d'opération hors vue. Ces mises à jour devraient permettre de mettre l'Espagne sur un pied d'égalité avec les autres pays les plus avancés dans le secteur du drone.

¹⁴⁸ Spain : temporary regulations on commercial use of drones approved, Bird&Bird, 8 octobre 2014.

¹⁴⁹ 2015 Yearbook, - RPAS, *The global perspective* – 13th edition – June 2015, Blyengurg & Co.

Aspects sécuritaires

L'Espagne a été récemment touchée par des problématiques sécuritaires¹⁵⁰, comme a pu le connaître la France avec le survol de ses centrales nucléaires. Cependant, dans le cas de l'Espagne, c'est le domicile de la famille royale qui a été la cible de survols nocturnes à répétition.

Les responsables de ces survols n'ont pas pu être identifiés. Bien qu'il puisse s'agir de l'action de paparazzi, la piste d'un acte malintentionné voire terroriste ne peut pas être écartée par les temps actuels, ce peut inciter l'Espagne à doter de technologies anti-drones. Face à un manque de développement local, les espagnols vont devoir a priori collaborer avec d'autres pays *leaders* en la matière.

Segments de marché d'intérêt

Agriculture

Les applications de drones en agriculture de précision sont importantes sur le territoire espagnol. Connu comme le jardin européen des fruits et légumes, l'optimisation précise des cultures de façon économique et écologique à partir de cartographies issues d'images aériennes à haute résolution et géolocalisées est une véritable opportunité pour le secteur agricole espagnol.

De ce fait, le territoire espagnol intéresse des sociétés internationales comme Ascending Technologies¹⁵¹, société allemande (rachetée récemment par Intel) qui cherche à se développer sur ce territoire de choix. La société propose ainsi des solutions dédiées à l'agriculture de précision espagnole, et notamment aux cultures de vignes et d'agrumes divers. L'objectif des services proposés reste axé sur l'optimisation de l'utilisation des engrais et autres produits chimiques, afin de tendre vers un meilleur respect de l'environnement et pour la production d'une alimentation durable sans résidus nocifs de pesticides ou d'engrais dans les aliments et dans les sols. Les solutions proposées viennent ainsi accompagner les agriculteurs dans leur mise en conformité, face aux exigences européennes contraignantes.

Infrastructures et Réseaux

Endesa, le principal producteur et distributeur d'électricité d'Espagne, utilise actuellement une flotte de quatorze drones pour vérifier les lignes de transmission d'électricité¹⁵². Utilisés en complément des inspections par hélicoptère, les drones devraient pouvoir permettre d'examiner les zones d'accès difficile. Cela permettra ainsi d'éviter d'interrompre le courant dans les lignes électriques. En Catalogne, sept drones sont utilisés depuis 2013 et permettent d'obtenir de très bons résultats, grâce notamment à des enregistrements de haute qualité. La flotte de drones est répartie sur la Catalogne, l'Andalousie, l'Aragon, les îles Baléares et les îles Canaries.

La société¹⁵³ prévoit également de participer à des projets de développement permettant d'équiper les drones de bras robotiques. La flotte de drones peut également permettre de vérifier l'état des corridors de sécurité situés sous les lignes électriques, qui agissent comme coupe-feux. Les drones peuvent également être utilisés pour faire des relevés aériens de ces zones en cas d'urgence.

Sécurité civile

En août 2015, le ministère espagnol de la défense a décidé de débloquer une somme de 25 M€ afin d'acquérir une flotte de quatre drones Male de surveillance et de reconnaissance. Les drones seront accompagnés de deux stations de contrôle au sol afin de piloter les missions. Cet achat s'inscrit dans un programme plus vaste¹⁵⁴, qui se déroulera entre 2016 et 2020 et qui devrait mobiliser près de 215 M€ pour l'acquisition de quatre drones de production américaine, avec les équipements associés, les pièces de rechanges et le soutien logistique nécessaire. Le contrat a mis en compétition les États-Unis avec le constructeur aéronautique israélien Israel Aerospace Industries, qui souhaitait proposer son drone Heron TP.

De son côté, la société espagnole Indra a dévoilé récemment une version dronisée de son avion de patrouille maritime dans le cadre du projet Targus¹⁵⁵. La société qui souhaite commercialiser sa version dronisée à moins de 6 M€ est en phase d'expérimentation pour son appareil actuellement en phase d'essais.

¹⁵⁰ Drones are pestering Spain's royal family, Engadget, 20 juillet 2015.

¹⁵¹ UAS Precision Farming in Spain, Ascending Technologies, 13 octobre 2015.

¹⁵² Endesa incorpora en Baleares un dron para revisar las líneas de distribución eléctricas, 20 minutos, 21 mai 2015.

¹⁵³ A Fleet of UAVs Inspecting Power Lines in Spain, Unmanned Aerial, 4 mai 2015.

¹⁵⁴ Le Pentagone autorise la vente de quatre drones MQ-9 Reaper à l'Espagne, Defens'aero, 12 octobre 2015.

¹⁵⁵ Indra propose un drone de patrouille maritime, Air&Cosmos, 16 octobre 2015.

Chaîne de valeur, paysage industriel et opportunités de collaboration

En matière de drones, dans un contexte où la réglementation et son application ont fait l'objet de nombreuses discussions, l'Espagne semble pouvoir devenir un des marchés émergents les plus dynamiques pour le développement du drone civil, avec un assouplissement apparent des contraintes et une démocratisation potentielle du drone civil à venir. Le Salon ExpoDronica qui s'est tenu à Saragosse en septembre 2015 illustre l'espoir de nouvelles normes permettant le développement de nouvelles applications commerciales.

En effet, l'Espagne, qui jouit de conditions climatiques très favorables, se présente peu à peu comme une des grandes nations de l'Europe en matière de drones, notamment grâce à différentes initiatives territorialisées qui attirent le feu des projecteurs sur le pays :

- En 2014, c'est tout d'abord le centre d'essai de vol nommé ATLAS¹⁵⁶ (Air Traffic Laboratory for Advanced unmanned System) qui a ouvert ses portes dans la ville de Villavariello, au sud de l'Espagne. L'objectif est de proposer à la communauté internationale aérospatiale une installation permettant d'effectuer en toute sécurité des essais en vol et des simulations afin de valider l'utilisation des technologies appliquées aux drones. Composé d'un aérodrome doté d'une piste de 600 mètres et d'un bâtiment destiné à planifier et contrôler les missions, le projet a nécessité un investissement total de 4,5 M€, en cofinancement avec le programme European Regional Development Fund. Un premier accord de collaboration avec le centre R&T de Boeing en Europe a été établi afin de pouvoir utiliser les installations et effectuer des essais en vol. Il est avant tout destiné aux petits drones (envergure maximale de 12 mètres), tandis que les drones de plus grandes envergures pourront être testés sur le CEUS¹⁵⁷ (Center of Excellence for Unmanned Systems), qui vient en extension d'un site existant pour répondre au besoin de cette autre typologie de drone.
- Le CEUS est situé à côté du centre de test de l'INTA (Instituto nacional de tecnica aerosespacial), nommé El Arenosillo situé à Moguer, près de Huelva. Ce site est adapté à des drones possédant une masse maximale au décollage de plus de 650 kg pour de longues durées de vol. La proximité de ce site avec l'INTA lui permet de bénéficier d'une vaste zone de restriction de l'espace aérien, en grande partie en zone maritime. Le budget de ce projet s'élève à 40 M€, dont 21 M€ en provenance des fonds européens FEDER. Airbus Defence and Space a démontré par ailleurs un intérêt significatif pour le CEUS, afin de pouvoir tester ses véhicules Atalante et le nouveau Barracuda.
- La communauté autonome de la Galice, au nord-ouest de l'Espagne, a également lancé un projet pionnier pour le développement et l'utilisation des systèmes de drones dans le domaine civil, à destination notamment des différents domaines des services publics. Le projet, The Civil UAVs Initiative¹⁵⁸, vise à accorder 55 M€ pour la mise en place d'un centre dédié aux drones pour les industriels au niveau de l'aérodrome Rozas de Castro de Rei, dans la province de Lugo. L'aérodrome accueillera un centre de recherche aéronautique de l'Institut National de Technologie Aérospatiale affilié au ministère de la Défense qui sera utilisé pour tester et développer des systèmes de drone. Le gouvernement local a également annoncé la mise en place d'un appel d'offre public international à la hauteur de 25 M€ afin de trouver des partenaires industriels pour ce projet. Plus de 300 multinationales ont participé à un atelier d'ouverture les 20 et 21 juillet 2015, avec la présence notable d'Airbus, Boeing, INAER, AgustaWestland ou encore Elbit Systems.

Le Rozas Aero Transport Research Center¹⁵⁹ (CIAR) se concentrera principalement sur l'amélioration de différents domaines des services publics tels que la gestion des flux touristiques, la vigilance, la prévention et le contrôle des activités de pêche, des feux de forêt et des situations d'urgence. Cependant, malgré le soutien du gouvernement local et national, certains acteurs émettent des réserves vis-à-vis de ce projet, notamment en lien avec l'apparition des grands groupes de l'aéronautique comme Airbus, Boeing ou INAER, et plus particulièrement vis-à-vis des soucis de corruption. Malgré ces réserves, le projet d'établissement d'un centre de recherche unique en son genre dans l'industrie aéronautique européenne se veut ambitieux et devrait créer de nouveaux emplois en Galice par la mise en œuvre des technologies de demain en matière de drone.

En complément de ces projets de grandes ampleurs, on constate la présence d'autres zones d'expérimentation, à l'image du BCN Drone Center¹⁶⁰ à Barcelone. De plus, bien que l'Espagne ne possède pas de véritable fédération professionnelle de soutien à la filière, il existe plusieurs associations fédérant les acteurs, à l'image de la plus importante du pays l'AERPAS.

¹⁵⁶ Ouverture d'un centre d'essai en vol dédié aux drones en Espagne, Air&Cosmos, 25 mars 2014.

¹⁵⁷ Spanish Test Centers take advantage of sunny skies, AIN Online, 14 juillet 2014.

¹⁵⁸ Spain to become reference point for Europe's drone industry, The News Hub, 3 août 2015.

¹⁵⁹ Galicia airfield to become €55-million drone research center, El País, 14 octobre 2015.

¹⁶⁰ <http://www.barcelonadronecenter.com/index.php/uav-test-site>

L'Espagne semble ainsi assez active dans l'accompagnement au développement des systèmes drones, à destination des acteurs locaux mais également dans une logique d'attractivité de son territoire, afin d'inciter les entreprises étrangères à venir s'installer sur ses sites pilotes et ainsi dynamiser la filière drones espagnole, et de ce fait, l'économie espagnole.

En soutien et en complément de ces acteurs, le paysage espagnol recèle également différents centres de recherche, universités et association qui vont agir en tant que catalyseur du développement de la filière. On recense notamment les acteurs stratégiques suivants :

- Le CATEC¹⁶¹ (Center for Advanced Aerospace Technologies) est une institution de référence du domaine, à l'interface de la science, des technologies et de l'industrie. Promu par la FADA (la fondation andalouse du développement du secteur aérospatial), et présidée par l'IDEA (l'agence de développement régional d'Andalousie), le CATEC est un centre privé espagnol unique en son genre, de par ses capacités opérationnelles et ses équipes de recherche composées de plus de 65 spécialistes et techniciens. En six années d'expérience, le centre est devenu une référence nationale et européenne de la R & D dans des domaines comme les procédés industriels, la robotique, l'aviation et les drones. Le couple FADA-CATEC gère notamment le centre de test pour drone ATLAS.
- L'AERPAS, l'association espagnole des aéronefs télépilotes, est l'association *leader* dans le domaine du drone sur le territoire espagnol. Créée en juin 2013, elle regroupe 80 membres, représentant les différents fabricants, opérateurs et centres de recherche espagnols. Depuis sa création, l'association s'est principalement concentrée sur l'interaction avec les autorités, afin de promouvoir la mise en place d'un cadre réglementaire acceptable pour le développement de la filière. L'AERPAS agit également afin de promouvoir le développement et le transfert de technologies appliquées aux systèmes de drones, et d'inciter les collaborations entre institutionnels et industriels.

Malgré l'ensemble de ces initiatives pour promouvoir la recherche et l'expérimentation, certains acteurs emettent des réserves vis-à-vis de l'effectivité des travaux et de ces différents programmes. En effet, la recherche semble parfois déconnectée des besoins réels de l'industrie, avec trop peu de collaborations effectives entre chercheurs et industriels. Cela représente un axe fort d'amélioration pour la filière espagnole, et une véritable opportunité pour les acteurs étrangers. En effet, les acteurs cherchent de plus en plus à mettre en place des collaborations internationales sur la recherche et le développement de systèmes de drones.

Pays d'envergure possédant une agriculture très développée, un tissu industriel d'importance, des conditions météorologiques favorables, et des initiatives d'expérimentation initiées aussi bien par les politiques publiques nationales que locales, l'Espagne apparaît tout de même comme un territoire de choix pour le développement de solutions à base de drones.

Le paysage industriel de la filière espagnole drones reste ainsi assez riche, avec l'émergence progressive d'acteurs d'intérêt sur différentes typologies d'applications. L'Espagne produit notamment 52 modèles différents de drones. Les acteurs principaux sont les suivants :

- Alpha Unmanned Systems¹⁶² est le *leader* espagnol dans la conception, le développement et la production de systèmes de drones en Espagne. La société joue également le rôle d'intégrateur sur des technologies avancées, des systèmes de commandes de vol et des charges utiles. La société a notamment commercialisé deux de ses hélicoptères sans pilote au Centre Volcani d'Israël¹⁶³ pour une utilisation dans la recherche agricole. Selon le PDG d'Alpha Unmanned Systems, l'utilisation agricole représente la plus grande opportunité de croissance pour les technologies de drones.
- Elimco est une société d'ingénierie opérant dans de nombreux domaines (énergie, aviation, transport ferroviaire, industrie...). La société possède notamment une branche drone qui est spécialisée dans la conception, le développement et l'intégration de systèmes. La société a notamment développé le drone Elimco E300, qui a récemment réussi à faire un survol au dessus de plus de 100 km de lignes électriques¹⁶⁴, tout en capturant des milliers d'images haute résolution. L'exercice, effectué en Colombie, relève d'un véritable challenge puisque le vent souffle par rafale jusqu'à 70 km/h dans la zone.
- USOL (pour Unmanned Solutions) est une société espagnole qui conçoit, développe et commercialise des drones tactiques. La société propose notamment quatre modèles différents¹⁶⁵. La société de surveillance et de sécurité Eulen Seguridad a par ailleurs acquis trois drones conçu par USOL pour la surveillance du

¹⁶¹ http://www.eacp-aero.eu/uploads/media/press_release_simsart_25032015.pdf

¹⁶² <http://www.unmannedsystemstechnology.com/company/alpha-unmanned-systems/>

¹⁶³ SL prend son envol en Israël, DIYDRONES, 23 juin 2015.

¹⁶⁴ Elimco UAV has done an inspection of more than 100km long powerlines, Vespadrone, 19 novembre 2015.

¹⁶⁵ <http://www.usol.es/equipment.html>

périmètre d'installations sensibles¹⁶⁶. La société est par ailleurs impliquée au sein du projet européen SIMSART concernant le développement d'un simulateur pour la formation des pilotes de drones.

- UAV Navigation¹⁶⁷ est la première entreprise espagnole à avoir démontré l'utilisation sécurisée d'un drone automatique sur un vol hors vue effectué jusqu'à 20 km de la portée visuelle du dispositif, tout en respectant la réglementation de l'aviation espagnole. Les vols en question ont eu lieu les 14 et 15 janvier 2015 sur le centre de vol Atlas, sous la direction du centre de contrôle du trafic aérien de Séville. La société a ainsi développé un drone de 45 kg avec une vitesse de croisière de 130 km/h. Avec une autonomie de 400 km et une altitude maximale de 3 500 mètres, le dispositif est équipé de mesures avancées de sécurité, et notamment d'un transpondeur et d'un parachute. C'est ainsi le premier vol du genre à avoir été autorisé et avoir été exécuté en Espagne.

UAV Navigation développe et fabrique des systèmes de pilotes automatiques pour drones depuis 2004. Elle exporte plus de 80 % de ses produits dans le monde entier, y compris aux États-Unis, au Moyen-Orient, en Asie et en Océanie. UAV Navigation est également spécialisé dans la fourniture de solutions de contrôle pour avions et hélicoptères autonomes.

- La société espagnole Indra¹⁶⁸ a développé une version dronisée d'un de ses avions de patrouille maritime. La société souhaite commercialiser son drone à moins de 6 M€. La version pilotée de l'appareil a déjà fait ses preuves avec la garde civile espagnole et l'agence européenne Frontex. Elle a également effectué des démonstrations dans le cadre du programme de recherche Perseus de l'Union européenne, qui souhaite préfigurer le futur système de surveillance aux frontières maritimes.
- À l'image de la société UAV Air¹⁶⁹, les sociétés présentes dans le paysage industriel espagnol ne sont pas que des sociétés nationales. Cet acteur, venu du Royaume-Uni et spécialisé dans la formation au pilotage de drones, utilise notamment le centre ATLAS afin de pouvoir dispenser des formations professionnelles. La société propose notamment un programme de formation sur cinq jours impliquant des cours théoriques au Royaume-Uni, et cinq jours de pratique sur le site espagnol.

Stratégie de pénétration du marché

Malgré les importantes activités de recherche liées aux drones en Espagne, les besoins des utilisateurs finaux ne paraissent pas toujours satisfaits : les liens entre la recherche et l'industrie semblent faibles, ce qui se traduit par une offre de service des opérateurs relativement faible. Les utilisateurs finaux sont intéressés par l'utilisation de drones dans différents secteurs d'applications, mais ne trouvent pas toujours la qualité de service recherchée. Les prestataires semblent souffrir d'un véritable manque de confiance des utilisateurs finaux. Parmi ces derniers, ceux qui en ont les moyens préfèrent créer leur propre département drones, afin d'acquérir une flotte de vecteurs et former des pilotes qui opèrent ainsi eux-mêmes les services en interne. Selon certains acteurs, le manque de confiance proviendrait principalement de l'immaturité des technologies espagnoles de drones.

Pour les acteurs du drone français, une voie possible de pénétration du marché se trouve dans la position de fournisseurs des prestataires de services espagnols. La France paraît en effet faire figure de modèle en matière de drones sur le territoire espagnol, et notamment sur la conception de dispositifs fiables et sécurisés. Une prise de contact directe avec les utilisateurs finaux présenterait moins de chances de succès, et serait plus compliquée à mettre en œuvre, notamment pour acquérir les autorisations d'opérer sur le territoire, que possèdent déjà les prestataires locaux.

Sur un pays comme l'Espagne, il est ainsi envisageable de pénétrer le marché par le biais des intégrateurs et des opérateurs, en leur fournissant des systèmes de drones fiables et sécurisés, capables d'améliorer la confiance des utilisateurs finaux espagnols, et ainsi représenter un véritable avantage commercial qui marque la différence pour les acteurs locaux de la filière. Les acteurs français du drone ayant une volonté à l'export en Espagne doivent ainsi majoritairement être des fournisseurs de produits (capteurs ou vecteurs). Cet axe de pénétration du marché peut alors, à moyen terme, ouvrir la porte du territoire à d'autres typologies d'activités, comme celui d'intégrateur ou d'opérateur. Afin de pérenniser l'accès à ces maillons de la chaîne du service, il sera cependant nécessaire de disposer d'une très bonne proximité avec les acteurs locaux, et notamment les utilisateurs finaux.

¹⁶⁶ Eulen apuesta por los drones de la mano de USol, TODRONE, 12 août 2015.

¹⁶⁷ Unmanned aviation milestone in Spain, Suas News, 19 février 2015.

¹⁶⁸ Indra propose un drone de patrouille maritime, Air&Cosmos, 16 octobre 2015.

¹⁶⁹ Drone training courses, UAV Air. URL : <http://www.uav-air.com/drone-training-courses/>

Dans l'objectif d'accompagner la pénétration des acteurs français sur le marché espagnol, les organismes publics et privés de soutien au développement de la filière pourraient favoriser la mise en relation et la rencontre des fournisseurs de produits français (vecteurs ou capteurs), avec les acteurs espagnols au plus proche de la délivrance du service (intégrateurs ou opérateurs).

Tableau 24 - Analyse SWOT – Espagne

Forces de l'Espagne dans le domaine des drones	Faiblesses de l'Espagne dans le domaine des drones
<ul style="list-style-type: none"> - Nombreuses infrastructures de tests et de recherches dédiées aux drones 	<ul style="list-style-type: none"> - Manque de liens entre la recherche et l'industrie - Marché peu mature et désorganisé
Opportunités pour les acteurs français	Menaces pour les acteurs français
<ul style="list-style-type: none"> - Bonne image de la France en matière de drones - Pénétration du marché en fournissant vecteurs et capteurs éprouvés aux prestataires de services espagnols 	<ul style="list-style-type: none"> - Complexité de la prise de contact directe avec les utilisateurs finaux

Maroc

Contexte technico-économique

D'après le FMI (Fond monétaire international), la croissance au Maroc devrait s'élever à 3 % en 2016. Grâce à la réforme des subventions des produits pétroliers et d'autres mesures prises par le gouvernement, le déficit budgétaire est en baisse depuis plusieurs années, tout comme le taux de pauvreté, le chômage et les inégalités¹⁷⁰. Les cinq premiers fournisseurs du pays sont l'Espagne, la France, les États-Unis, la Chine et l'Arabie Saoudite¹⁷¹.

Le Maroc dispose d'un cadre juridique et de dispositifs d'accompagnement favorables aux investisseurs. Cependant, la bureaucratie conséquente peut constituer un frein important.

L'agriculture constitue l'atout majeur de l'économie marocaine : elle représente 15 % de son PIB¹⁷² et emploie quatre millions de personnes (le Maroc compte 34 millions d'habitants).

En 2009, le chiffre d'affaires du secteur aéronautique marocain s'élevait à 750 millions d'euros ; les entreprises françaises représentaient 72 % des investisseurs, pour 21 % d'entreprises marocaines¹⁷³. Orientée vers l'export, l'industrie aéronautique marocaine est constituée d'environ 100 entreprises présentes dans les domaines du travail des métaux et de production des composants. Il n'existe pour l'heure aucun constructeur de drones commercial marocain.

Contexte réglementaire

La réglementation au Maroc est très peu développée :

- Aucun aéronef dirigé sans pilote ne peut survoler le territoire marocain à moins d'une autorisation spéciale de l'autorité de l'aviation civile¹⁷⁴. Le premier contact est le ministère du Commerce extérieur, qui délègue le dossier au ministère de l'Intérieur afin que celui mène une enquête sur l'utilisation présumée du drone et les intentions de la société effectuant la demande. Une autorisation de l'Agence nationale des réglementations des communications est par ailleurs nécessaire. La décision finale revient au ministère de l'Intérieur.¹⁷⁵
- Si une autorisation est obtenue, la réglementation encadrant l'utilisation est appliquée au cas par cas.
- Depuis le 23 février 2015, l'importation de drones au Maroc nécessite l'obtention préalable d'une licence d'importation, conformément à l'arrêté n° 386-15 du 6 février 2015 publié au Bulletin officiel n°6337 du 23 février 2015¹⁷⁶.

Les évolutions de cette réglementation sont extrêmement difficiles à anticiper. Cependant, il est probable que la mise en place d'une réglementation à l'avenir soit calquée sur le modèle français, de par la forte proximité historique et culturelle entre ces deux pays.

La chambre des représentants a par ailleurs adopté en 2015 un projet de loi de modification du code de l'aviation civile¹⁷⁷. Celui-ci vise, entre autres, à améliorer la sûreté et la sécurité par la mise en place d'une instance spécialisée dans ces domaines.

¹⁷⁰ *En mission au Maroc, les experts du FMI abaissent la prévision de croissance à 3 % pour 2016*, L'Usine Nouvelle, 05 novembre 2015.

¹⁷¹ *Maroc – Risques pays*, Le Moci, <http://www.lemoci.com/fiche-pays/maroc/risques-pays/>

¹⁷² Taille du marché de l'agriculture en dollars US courants, Banque Mondiale, 2013.

¹⁷³ *Le secteur aéronautique marocain face aux nouvelles mutations mondiales*, Ministère de l'économie et des finances, septembre 2012.

¹⁷⁴ *Chapitre II Article 1.5, Code de l'Aviation Civile* <http://www.dac-maroc.gov.ma/site%20dac/divers/Code.pdf>

¹⁷⁵ *Interview du président de l'association Drone Maroc*, Heure Essentielle, 9 décembre 2015 <http://www.luxeradio.ma/mhamed-tarek-benkhamis-president-de-lassociation-drone-maroc/>

¹⁷⁶ *Ministère de l'économie et des finances*, Circulaire n°5519/311, 27 février 2015.

¹⁷⁷ *Un nouveau cadre juridique pour l'aviation civile au Maroc*, Menara.ma, 25 juin 2015.

Segments de marché d'intérêt

Agriculture

L'agriculture compte pour 15 % du PIB marocain et génère environ 40 % de l'emploi¹⁷⁸. Lancé en 2008, le plan *Maroc Vert* vise entre autres à développer une agriculture performante en favorisant les investissements privés à l'aide de subventions. Initialement de petites tailles, les exploitations agricoles grossissent progressivement grâce à la fédération de plusieurs agriculteurs. La possibilité de l'utilisation de drones dans ce domaine est très peu connue au Maroc.

La société grenobloise Delta Drone développe des drones et forme également à leur utilisation. Elle a créé en 2014 une filiale à Casablanca, Delta Drone Maroc. Les activités devraient inclure l'agriculture, secteur dans lequel l'entreprise est particulièrement active : celle-ci s'est en effet associée en 2014 à Arvalis - Institut du végétal et à Airbus D&S, qui proposent le service de diagnostic des cultures et d'agriculture de précision Farmstar¹⁷⁹. Ce partenariat vise à explorer les perspectives offertes par les données acquises à l'aide de drones et identifier les complémentarités avec d'autres moyens, comme les satellites et avions.

Génie civil

Le secteur du BTP représente, en 2013, 6 % du PIB marocain. Une demande est en train d'émerger en cartographie et topographie 3D. L'association Drone Maroc travaille en collaboration avec le cadastre marocain à ce sujet. Les impayés dans ce secteur sont cependant courants, ce qui doit susciter la prudence des sociétés proposant des prestations à l'aide de drones.

Sécurité civile

Le tourisme représentait 8,1 % du PIB marocain en 2014¹⁸⁰ mais est menacé par le contexte géopolitique au Maghreb. Un touriste sur quatre au Maroc est français, et cette destination a été délaissée en 2015 (baisse de 46 % de la fréquentation sur la période janvier-mai par rapport à la même période en 2014¹⁸¹). Comme le tourisme est un secteur crucial de l'économie marocaine, la sécurité constitue donc sans aucun doute un enjeu majeur au Maroc. Le rôle des drones dans ce domaine reste cependant à préciser. Les forces locales (gendarmerie et services policiers de l'État) sont intéressées par l'utilisation de drones, mais il est difficile de mesurer la maturité de ce projet. S'il voit le jour, ce dernier nécessitera des moyens en formation et en matériel, ce qui pourrait donner lieu à des collaborations avec des acteurs français.

Infrastructures et Réseaux

Le secteur des mines ne représente que 1,3 % du PIB marocain¹⁸². Dotée d'une expertise forte dans ce domaine grâce sa filiale MTSI (Mining Topographic Survey and Imaging) et implantée à Casablanca, la société française Delta Drone semble cependant y voir des perspectives¹⁸³. Composée d'ingénieurs géologues et topographes, MTSI propose des solutions de traitement pour imagerie et Lidar dans le secteur des mines et carrières, génie civil et topographie.

Entre 2012 et 2016, l'Office national de l'électricité et de l'eau potable (ONEE) prévoyait d'investir 600 millions d'euros dans le plan de renforcement du réseau électrique : la croissance de la consommation électrique du pays est estimée à 6 % par an¹⁸⁴. De plus, le pays vise une proportion de 42 % d'énergies renouvelables dans la capacité électrique installée à l'horizon 2020, contre 32 % en 2010¹⁸⁵ : la première phase du projet de centrale solaire à concentration Noor, qui sera la plus grande d'Afrique une fois terminée, a été raccordée au réseau en février 2016¹⁸⁶. Des besoins concernant l'inspection d'éoliennes, de centrales solaires et de lignes électriques à haute tension pourraient donc apparaître (en 2014, 23 331 kilomètres de lignes haute tension étaient installés au Maroc).

¹⁷⁸ *Stratégie de développement agricole*, finances.gov.ma.

¹⁷⁹ *Delta Drone Arvalis Airbus*, deltadrone.com, 4 mars 2014.

¹⁸⁰ *Travel & Tourism, Economic Impact 2015, Morocco*, World Travel & Tourism Council.

¹⁸¹ *Tourisme : le Maroc souffre de la méfiance des vacanciers français*, La Tribune, 26/06/2015.

¹⁸² *GDP from mining*, tradingeconomics.com.

¹⁸³ *Delta drone conçoit des aéronefs et forme à leur pilotage*, Le progrès, 22 août 2015.

¹⁸⁴ *Encore 600 millions d'euros d'investissements dans le réseau électrique du Maroc d'ici à 2016*, L'Usine Nouvelle, 19 août 2013.

¹⁸⁵ *Les défis énergétiques au Maroc*, Energystream – Solucom, 17 août 2015.

¹⁸⁶ *160 MW Of 2 GW Noor Solar Thermal Project In Morocco Now Connected To Grid*, Clean Technica, 6 février 2016.

Chaîne de valeur, paysage industriel et opportunités de collaboration

La filière aéronautique marocaine est en plein développement, particulièrement dans le secteur des aérostructures et de la production de composants : le pays regroupe des acteurs majeurs tels que Stelia (filiale d'Airbus), Bombardier, Eaton, et Alcoa. Afin de soutenir cette dynamique (croissance de 15 % par an), l'Institut des métiers de l'aéronautique a été créé : celui-ci forme 500 à 1 000 stagiaires par an dans des modules comme la chaudronnerie, le câblage, les composites et les métiers de l'entretien. Les activités de R & D sont en retrait, même si Safran est présent dans ce domaine avec ses filiales Safran Ingénierie systèmes et Morpho. Enfin, un Institut de management industriel devrait voir le jour en 2017.

LH Aviation, constructeur français d'avions légers et d'appareils dronisés a, depuis 2014, investi 3 millions d'euros dans un projet d'usine implantée à Casablanca ; en raison de tensions avec l'associé marocain, le projet est cependant momentanément arrêté. On peut également citer l'intention du constructeur de drones allemand Aeronautic Space Technologies UG de s'implanter au Maroc et de lui permettre de « disposer de sa propre industrie de drones civils ».

Spécialisée dans l'agriculture, l'inspection industrielle, l'hydrologie, les visites virtuelles de sites et les études de topographie dans le secteur des mines, la société Delta Drone est implantée à Casablanca *via* sa filiale Delta Drone Maroc. Dotée d'experts métiers de haut niveau en agriculture et dans le secteur des mines, elle propose la mise au point des solutions techniques spécifiques à chaque secteur. Elle mise ainsi sur des offres de services intégrés, allant de la gestion des démarches administratives jusqu'à l'acquisition des données et leur traitement.

Les relations historiques entre la France et le Maroc donnent lieu à plusieurs opportunités de collaboration. La FPDC et Drone Maroc ont par exemple signé en mars 2015 un partenariat visant à établir des relations bilatérales entre les deux associations¹⁸⁷. Il est intéressant de noter que le Maroc semble être le seul pays avec qui la FPDC a conclu une entente de ce type. Ces deux associations collaborent de plus sur la problématique des assurances, inexistantes dans le domaine du drone au Maroc ; les modèles existants en France sont donc suivis grâce à la collaboration de Drone Maroc, la FPDC et la société Drony¹⁸⁸. Seule association reliée aux drones en Afrique du nord, Drone Maroc constitue donc un point d'entrée non seulement au Maroc mais plus généralement en Afrique. Cette entité a bonne réputation et a réussi à traiter avec de nombreux acteurs, notamment au Sénégal, au Congo et en Côte d'Ivoire, qui constituent des pays vierges en matière de drones. Elle œuvre cependant par ses propres moyens et manque de financements.

Selon les acteurs locaux, le développement de la filière drones au Maroc doit passer par le soutien d'acteurs extérieurs majeurs, potentiellement plus audibles que les acteurs locaux. Par sa proximité avec le pays, la France peut ainsi jouer un rôle décisif dans la structuration du marché local.

Stratégie de pénétration du marché

L'écosystème du drone marocain est très peu dense et offre de nombreuses options de pénétration du marché, tant au niveau des prestataires de services que des constructeurs. La concurrence est à l'heure actuelle quasi inexistante, mais le développement de l'activité reste bloqué par une réglementation contraignante, qui exige une autorisation spécifique au cas par cas.

Dans le secteur d'application de la sécurité, la formation des forces de l'ordre constitue un axe d'entrée intéressant. Pour une utilisation des drones dans ce domaine, les compétences locales ne permettraient pas d'en assurer une utilisation sécurisée et professionnelle. La formation peut donc constituer un outil de sensibilisation des acteurs locaux et une porte d'entrée vers le marché marocain, sur différents sujets comme le pilotage ou la maintenance des systèmes (vecteurs et charges utiles).

Il est ensuite vraisemblable qu'ayant été formé sur une technologie spécifique, l'utilisateur continue à utiliser cette dernière et ne s'oriente pas vers d'autres offres. Cela peut donc également représenter un axe de développement commercial fort. Enfin, ce type d'affaires étant effectué dans un cadre gouvernemental, l'obtention des licences d'importation devrait être facilitée. Ce type de stratégie paraît particulièrement adapté à des entreprises telles que Delta Drone, qui développe les vecteurs, fournit les solutions de traitement des données mais forme également au pilotage *via* sa filiale EFD (École française du drone).

¹⁸⁷ *Partenariats*, Fédération Professionnelle du Drone Civil, federation-drone.org/partenariats/

¹⁸⁸ Interview du président de l'association Drone Maroc, Heure Essentielle, 9 décembre 2015 <http://www.luxeradio.ma/mhamed-tarek-benkhmis-president-de-lassociation-drone-maroc/>

Avec des autorisations longues et difficiles à obtenir, l'opération de systèmes de drones implique un nombre extrêmement réduit de prestataires de services au Maroc. Mis à part les autorisations, il ne semble donc pas *a priori* exister de réelles barrières à l'entrée sur ce marché. Cependant, certains acteurs locaux intéressés par l'utilisation de drones apparaissent parfois réticents à recourir à des sociétés de services : cela n'est pas ancré dans les mœurs du pays, les acteurs préférant alors acquérir le matériel et les compétences pour garder la main sur l'opération. La logique consistant à former les utilisateurs pour ensuite proposer une vente de vecteurs reste donc pertinente pour les secteurs d'applications autres que la sécurité. *A contrario*, les grands groupes français implantés au Maroc paraissent plus enclins à accepter des prestations provenant de sociétés externes.

Au-delà de la simple vente de vecteurs destinés à des domaines d'applications comme l'agriculture ou les mines, l'expertise scientifique française dans le traitement et l'analyse des données liées à ces secteurs représente au Maroc un réel facteur différenciant. L'acquisition de compétences « métiers spécifiques » permettant de fournir une expertise et une qualité de service peu développées dans le pays, constitue donc un axe de pénétration intéressant.

C'est la direction que semble prendre Delta Drone : dans l'agriculture, l'entreprise s'est associée à Arvalis – Institut du végétal, et à Airbus D&S. Ces trois acteurs proposent ainsi le service Farmstar, à l'aide des données recueillies par des drones et satellites. Ils permettent de fournir des conseils liés à la protection des plantes, à l'état des cultures et à la gestion des intrants sur une durée de plusieurs mois. D'autre part, la filiale MTSI Hydrogéosphère est à même de valoriser ses compétences spécifiques en matière d'hydrologie, d'hydrogéologie et d'études topographiques dans les mines. Le savoir-faire développé actuellement dépasse donc l'exploitation du vecteur drone. Cela représente ainsi une véritable valeur ajoutée sur ce territoire.

À la suite d'une implantation réussie dans le pays, il paraît possible de capitaliser sur l'expérience acquise pour ensuite pénétrer des pays comme le Sénégal, le Congo et la Côte d'Ivoire, pays francophones et dans lesquels l'utilisation des drones est encore inexistante.

Tableau 25 - Analyse SWOT – Maroc

Forces du Maroc dans le domaine des drones	Faiblesses du Maroc dans le domaine des drones
- Industrie aéronautique en plein essor (fabrication de composants et d'aérostructures)	- Utilisation des drones interdite (autorisations au cas par cas)
Opportunités pour les acteurs français	Menaces pour les acteurs français
<ul style="list-style-type: none"> - Langue commune - Industriels français déjà implantés dans le pays - Collaborations entre la FPDC et Drone Maroc - La France est perçue comme un modèle en matière de drones. - Le Maroc constitue une porte d'entrée sur l'Afrique en général. 	<ul style="list-style-type: none"> - Demande faible, sensibilisation des acteurs à réaliser - Incertitudes sur la capacité à obtenir les autorisations nécessaires pour l'utilisation de drones - Importation des drones soumise à une licence d'importation

Inde

Contexte technico-économique

Neuvième PIB mondial, l'économie de l'Inde connaît une croissance fulgurante : celle-ci est prévue à 7,5 % pour l'année 2016¹⁸⁹, soit 1 % de plus que la Chine. Cette croissance bénéficie de récentes réformes, d'une reprise de l'investissement et des bas prix des produits de base. Les leviers majeurs de l'économie indienne sont l'agriculture et l'industrie.

Le secteur indien de l'aviation est en plein essor : actuellement neuvième marché mondial (16 milliards de dollars US), il devrait être le troisième marché mondial en 2020, et le premier en 2030¹⁹⁰. Les grands constructeurs tels qu'Airbus Group, Boeing, Dassault Aviation, Thalès, Snecma ont mis en place ou prévoient des partenariats avec les acteurs locaux. Mais l'industrie locale reste freinée par un manque de travailleurs qualifiés et d'activités de R & D¹⁹¹. En matière de drone, 18 modèles indiens ont été produits¹⁹² à ce jour.

Contexte réglementaire

Tout d'abord non réglementée, l'utilisation de drones civils a été interdite depuis le 7 octobre 2014¹⁹³ par la Direction générale de l'aviation civile indienne (Directorate General of Civil Aviation). En effet, les autorités locales justifient leur choix pour des raisons de sécurité et de sûreté.

Le gouvernement indien reconnaît cependant le potentiel commercial des drones pour de nombreuses applications civiles, et travaille à la formulation de réglementations permettant leur utilisation de façon sûre¹⁹⁴. Le gouvernement semble se reposer sur la publication attendue de normes et de pratiques recommandées par l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI¹⁹⁵). Cependant, l'OACI ne prévoit pas de publication avant 2018, et l'ensemble du processus devrait s'étendre jusqu'à 2025. Il semble ainsi difficile pour la DGAC indienne de se reposer uniquement sur l'OACI, tandis que les pertes économiques pour le pays seront conséquentes, si l'interdiction n'est pas levée dans les prochaines années. Par ailleurs, les utilisations illégales en développement peuvent présenter une menace à la sécurité nationale. En effet, les utilisateurs de drones existent, et s'insèrent dans une économie illicite et non réglementée, beaucoup plus menaçante pour la nation qu'une utilisation réglementée, qui permettrait au gouvernement d'appliquer un certain contrôle et un suivi des opérations de drones au sein de son territoire.

L'interdiction généralisée actuelle pour l'opération de drone en Inde représente ainsi un obstacle au développement de l'économie du pays. D'autre part, selon le ministère de l'Intérieur indien, le développement de systèmes permettant de détecter et détruire des drones est en cours¹⁹⁶. Un premier cadre réglementaire a été publié courant 2016¹⁹⁷.

Aspects sécuritaires

L'Inde a actuellement de sérieux problèmes de sécurité liés à l'utilisation des drones. L'utilisation des vecteurs drones est avant tout développée dans le secteur de l'audiovisuel (par les publicitaires, les photographes, ou pour la couverture d'événements, l'organisation de mariage...). Une récente alerte de sécurité a été émise après qu'un drone ait été vu près d'un aéroport à New Dehli¹⁹⁸. La police, relativement désarmée face à ce problème, a même proposé une récompense financière pour toute information qui permettrait de retrouver l'auteur de ce vol.

Dans le pays, nombreux sont les acteurs qui ne respectent pas la réglementation, et qui opèrent malgré l'interdiction actuelle. Ces problématiques mobilisent actuellement le ministère de l'Intérieur indien, ainsi que la

¹⁸⁹ *World Economic Outlook*, IMF, octobre 2015.

¹⁹⁰ *Indian aviation industry*, India Brand Equity Foundation, novembre 2015.

¹⁹¹ *Indian aerospace industry 2019*, KPMG, 2010.

¹⁹² *2015 Yearbook*, - RPAS, *The global perspective* - 13th edition - June 2015, Blyengurg & Co.

¹⁹³ *The Civil Sector and Drones in India*, Center for the Advanced Study of India, 19 octobre 2015.

¹⁹⁴ *Use of Unmanned Aerial Vehicle (UAV)/Unmanned Aircraft Systems (UAS) for Civil Applications*, Government of India, 7 octobre 2014.

¹⁹⁵ *The Civil Sector and Drones in India*, Center for the Advanced Study of India, 19 octobre 2015.

¹⁹⁶ *Govt mulling to regulate Unmanned Aerial Vehicles to combat terror threats: Home Secy*, indianexpress.com, 14 décembre 2015.

¹⁹⁷ *From agriculture to wedding-photography, drones are all set to fly high in India*, The News Minute, 9 septembre 2015.

¹⁹⁸ *India's drone troubles : Wedding planners to advertisers flouting norms*, One India, 21 décembre 2015.

Direction générale de l'aviation civile, afin de formaliser un cadre d'utilisation des drones, quelle qu'en soit la finalité. Il sera ainsi exigé à l'avenir d'obtenir une autorisation de vol pour toute opération, avec la mise en place de sanctions sévères en cas de non-respect du cadre réglementaire à venir.

La sécurité du ciel est une préoccupation majeure actuelle du pays, notamment face aux risques d'utilisation de ces vecteurs à des fins terroristes. C'est notamment pour cette raison que les services de renseignement du pays recommandent au gouvernement d'interdire l'ensemble des utilisations par des personnes privées. À terme, seules les utilisations professionnelles pourraient ainsi être autorisées, avec un cadre réglementaire d'opération stricte.

En attendant, les professionnels continuent d'opérer malgré les interdictions¹⁹⁹, sur la demande de leurs clients (notamment pour la couverture de mariage), en prenant les précautions nécessaires afin d'éviter tout ennui avec les autorités, ce qui démontre la relative faiblesse des autorités à véritablement contrôler ces activités.

Segments de marché d'intérêt

Agriculture

L'agriculture représente 17 % du PIB indien et constitue donc un marché d'intérêt majeur. Si l'utilisation civile de drones est interdite en Inde, les autorités envisagent de plus en plus des cas d'applications précis, notamment dans l'objectif d'évaluer les dommages causés par les aléas climatiques.

Ainsi, le gouvernement de l'état du Maharashtra compte utiliser des drones pour évaluer les dommages causés par la sécheresse sur les cultures, et ainsi déterminer les aides à accorder aux paysans. Une expérimentation va être lancée, impliquant deux drones qui voleront à une altitude de 150 mètres et opéreront dans un rayon de 7 km par vol, couvrant ainsi 51 villages²⁰⁰. Ce programme est mené en collaboration avec l'Organisation de recherche spatiale indienne, le Département de météorologie et le Département de l'agriculture²⁰¹.

Les initiatives apparaissent et se multiplient ainsi rapidement, face aux opportunités permises par les systèmes de drones en utilisation couplée avec l'imagerie satellitaire et autres technologies spatiales afin de collecter des données fiables et pertinentes. Ces données seront avant tout destinées aux assurances afin de dimensionner les indemnités à verser aux exploitants agricoles lors d'événements climatiques exceptionnels. Le programme « Kisan »²⁰² lancé par le ministère de l'Agriculture s'inscrit bien dans ce contexte. La surveillance par drone est également couplée à une application mobile qui permet aux exploitants de transmettre plus rapidement les preuves des dommages aux autorités compétentes.

Infrastructures et Réseaux

Le gouvernement indien a la volonté de développer le réseau routier du pays : sur la période avril-septembre 2015, 2 446 km de routes ont ainsi été construits, ce qui représente une augmentation de 36 % en comparaison à l'année précédente²⁰³. Afin d'optimiser leur construction et entretien, l'Organisation de la recherche spatiale indienne (ISRO) et l'Autorité nationale des autoroutes (NHAI) prévoient d'utiliser des satellites et drones²⁰⁴.

Avec 1,4 million d'employés²⁰⁵, Indian Railways, le réseau ferroviaire indien (64 460 kilomètres de rails), est l'un des plus grands employeurs au monde. Cette institution publique représente donc à elle seule un important marché, mais son caractère étatique, à l'administration lourde, la rend très difficile à pénétrer. Dans ce secteur, les universités de Vel-Tech (Inde) et de Victoria (Canada) disposent d'un financement de 3 millions de dollars canadiens pour le développement d'un drone destiné à évaluer l'intégrité structurale des ponts des chemins de fer indiens²⁰⁶.

En matière d'exploitation des sols, l'Inde est le troisième producteur mondial de charbon, qui représente 80 % des extractions minérales du pays. La demande dans ce domaine devrait continuer de croître lors des 15

¹⁹⁹ Drone used for photography in big fat Indian wedding, India Today, 19 décembre 2015.

²⁰⁰ Maharashtra Using Drones to Survey Crop Losses in Drought-Hit Parts, NDTV, 25 août 2015.

²⁰¹ Drones to help gauge crop damage, The Hindu, 6 octobre 2015.

²⁰² Drones to help gauge crop damage, The Hindu, 6 octobre 2015.

²⁰³ Road construction picks up 36 % this year, Business Standard, 22 octobre 2015.

²⁰⁴ NHAI to Use ISRO Satellites, Drones for Better Planning of Indian Roads, thebetterindia.com, 12 octobre 2015.

²⁰⁵ Which is the world's biggest employer ?, BBC.com, 20 mars 2012.

²⁰⁶ UAVs to Check on Railway Bridge Safety in India, uasvision.com, 02 février 2016.

prochaines années²⁰⁷. Afin de mieux évaluer les volumes produits, Coal India Limited aimerait recourir à des observations par drones, mais cela paraît difficile vu les réglementations actuelles²⁰⁸.

Sécurité civile

La situation géopolitique concernant l'Inde, le Pakistan et le Bangladesh entraîne une surveillance attentive des frontières : le gouvernement indien a annoncé fin 2015 qu'il considérait la possibilité d'utiliser des drones pour la surveillance de sa frontière avec le Bangladesh (cette mesure est déjà effective à la frontière avec le Pakistan)²⁰⁹. Au niveau de la sécurité intérieure et du maintien de l'ordre, la police de la ville de Lucknow dispose de drones capables de larguer du poivre sur les foules²¹⁰.

La PME française LH Aviation (50 salariés, 10 millions d'euros de chiffre d'affaires) a signé le 19 juin 2015 un protocole d'accord (Memorandum of understanding) avec la société indienne OIS Advanced Technologies pour la fabrication de drones tactiques²¹¹ ; ceux-ci seront fabriqués en Inde au travers d'une licence industrielle et serviront principalement à la surveillance des frontières et des côtes. Le drone LH-D de LH aviation est en fait une version dronisée de sa plateforme technologique LH-10 Ellipse. Une centaine de drones, civils et militaires pourraient être produits lors des six prochaines années, dans une usine de 2 000 m². Ce projet représente pour l'industriel indien Offset Indian Solution un investissement d'environ 20 millions d'euros. Selon le président du conseil d'administration, le marché indien est estimé à 500 drones pour les dix prochaines années. La solution proposée par la PME française se veut complémentaire face aux avions de chasse et aux hélicoptères. La stratégie déployée permet à la PME de se développer à l'international sans avoir à procéder à d'importants investissements industriels.

Transport de fret

À l'image de la société de transport DHL qui souhaite développer un service de livraison par drone en Inde²¹², le transport de fret représente un véritable segment de marché d'intérêt à l'avenir. Ayant bénéficié d'une médiatisation forte notamment aux États-Unis face à la volonté d'Amazon de se lancer sur ce créneau, ce concept présente un potentiel de développement d'intérêt dans des pays comme l'Inde, où les réglementations peuvent paraître plus souples, ou plus malléables.

La société DHL a ainsi annoncé fin 2015 son intention d'investir 16,3 M\$ en Inde pour développer de nouvelles technologies permettant de proposer un service de livraison par drone et un système de gestion de la logistique associé. Pour ce faire, le centre d'innovation de DHL pour la zone Asie-Pacifique, installé à Singapour, souhaite se concentrer sur l'utilisation des drones pour une offre de prestation logistique, pour laquelle la demande est de plus en plus importante à l'échelle mondiale, et notamment dans les zones éloignées affectées de manière régulière par des sinistres et des catastrophes.

Bien que l'Inde interdise actuellement toute forme d'opération de drone, la réglementation devrait s'ouvrir pour les applications commerciales, nombreuses sur le territoire indien. Avec l'essor du marché de la livraison et de la logistique, l'Inde apparaît ainsi comme un territoire de choix pour la mise en place d'un tel nouveau service, selon la société DHL, qui rapporte que le secteur de la logistique indienne croît de plus de 10 % par an. La société ouvre ainsi la voie à de nombreux acteurs intéressés par le transport de fret par drone, qui peuvent trouver des premiers terrains d'expérimentation au travers des pays émergents, comme le démontre bien l'Inde.

Chaîne de valeur, paysage industriel et opportunités de collaboration

Selon les données publiées par le DIPP (Département de la politique et de la promotion de l'industrie), le flux d'investissements directs à l'étranger dans le secteur du transport aérien (incluant le transport de fret) entre le mois d'avril 2000 et juin 2015 s'élève à près de 575 M\$. Les principaux investissements et développements dans l'industrie aéronautique indienne ont notamment permis :

²⁰⁷ A brief report on Mining and Minerals Industry in India, Corporate Catalyst India, mai 2015.

²⁰⁸ To boost output, CIL keen on using UAVs, The Indian Express, 10 mai 2015.

²⁰⁹ India is considering using drones on its border with Bangladesh, bdnews24.com, 14 décembre 2015.

²¹⁰ Police in India Now Have Drones That Can Shower Unruly Crowds With Pepper Spray, Vice News, 9 avril 2015.

²¹¹ LH Aviation veut produire ses drones bas coûts dans le monde entier, l'Usine nouvelle, 9 juillet 2015.

²¹² DHL to Bring Drone Delivery to India, Dronelife, 10 décembre 2015.

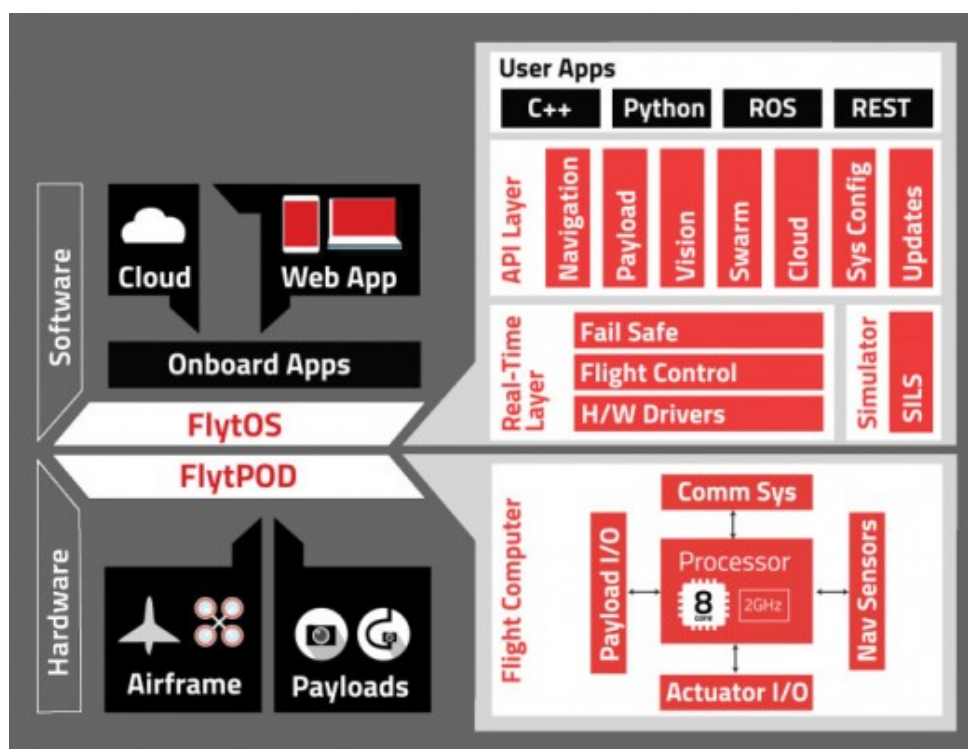
- La signature d'un accord de coopération entre le ministère indien de l'Aviation civile et la Finlande, le Kazakhstan, le Kenya, la Suède, la Norvège, le Danemark, l'Oman et l'Éthiopie afin d'augmenter les coopérations entre ces pays, notamment concernant la législation de l'espace aérien.
- L'engagement progressif de société comme Boeing ou Airbus afin d'ouvrir des centres d'assemblage et de construction de différents appareils destinés au marché asiatique.
- Des prévisions de croissance de l'industrie aéronautique indienne de l'ordre de 10 % par an.

Par ailleurs, l'Administration américaine a annoncé, au début de l'année 2015, son souhait d'externaliser la gestion des opérations de ses drones militaires en Inde²¹³. Avec une forte activité associée aux instabilités de la région et du Moyen-Orient, les États-Unis sont à la recherche d'opérateurs, et souhaitent ainsi se rapprocher de l'Inde afin de former et d'employer une main-d'œuvre locale. Ce type d'initiative va clairement en la faveur de la sensibilisation et du développement de la filière drones en Inde.

Les entreprises de fabrication de drones et les centres de formation de pilotes se multiplient à travers l'Inde, et pour de nombreuses industries²¹⁴. Parmi les sociétés actives de drones dans le pays, on retrouve notamment les acteurs suivants :

- Navstik est une société fondée en 2013. Son créateur, Nintin Gupta est spécialisé dans la conception et l'intégration de systèmes électroniques et algorithmiques pour l'automatisation des drones. La société propose aujourd'hui une plateforme qui permet d'automatiser la coordination et la communication des drones. Son produit, nommé Flyt, intègre notamment un calculateur de vol et un système d'exploitation basé sur Linux, exécuté sur l'ordinateur de vol qui permet de contrôler les drones. Le système d'exploitation permet aux développeurs de créer des applications et des programmes spécifiques, en lien avec une logique métier. La plateforme dispose de fonctionnalités avancées telles que la télémétrie longue portée et la capacité de contrôler des essais de drones en maîtrisant simultanément plusieurs drones²¹⁵. Le fondateur souhaite pouvoir développer ainsi un véritable système d'exploitation pour drone²¹⁶, de façon à ce que les développeurs d'applications n'aient plus à se soucier des détails internes (comment faire voler le drone, comment éviter une collision, ou comment envoyer les données vers le Cloud).

Figure 36 - Schéma de fonctionnement du produit Flyt de Navstik



²¹³ CIA to Outsource Drone Operations to India, National Report, mars 2015.

²¹⁴ From agriculture to wedding-photography, drones are all set to fly high in India, The News Minute, 9 septembre 2015.

²¹⁵ Navstik Labs Launches New Linux-based AUtopilot for Commercial Drones, The Drone Files, 1^{er} novembre 2015.

²¹⁶ This Pune-Based Startup is Creating an Android-Like Platform for Drones, Gadget 360°, 23 octobre 2015.

- Amigo Optima est un acteur éprouvé actif dans les services géospatiaux, le développement d'applications, de produits logiciels et de solutions complètes à destination de nombreux secteurs d'activité différents. La société s'implique dans le secteur du drone par le développement de vecteurs destinés à des applications de télédétection et de tâches de relevés aériens. À voilure fixe ou à hélices rotatives, la société conçoit de véritables plateformes multicapteurs capables d'opérer en fonctionnement automatique pour des missions de cartographie aérienne.
- La société Avere consult élabore des solutions en lien avec l'analyse de données, l'analyse prédictive, la modélisation, la visualisation et la communication des données. La société s'investit progressivement dans le milieu du drone, notamment dans le milieu de l'agriculture. Elle a ainsi développé le drone Airpod, pour l'épandage d'engrais et de pesticides. La société s'intéresse à d'autres applications relatives à la gestion de la déforestation, à la surveillance du braconnage d'animaux sauvages ou à la surveillance de réseaux et d'infrastructures.
- La société Skymet est une société de surveillance météorologique proposant des solutions de gestion de risques agricoles en Inde. Skymet propose notamment ses services pour mesurer, prédire et limiter les risques climatiques pour l'agriculture. La société devrait déployer un service de drones pour mesurer les dégâts des cultures²¹⁷, dans le cadre de la mise en place d'un nouveau régime d'agroassurance.
- La société Airpix²¹⁸ est un fournisseur de solutions de drones en Inde. La société propose notamment ses services dans l'inspection industrielle, les relevés aériens pour les systèmes d'informations géographiques, l'agriculture, l'exploitation minière, la photographie et les médias. La société vient ainsi se positionner comme un opérateur polyvalent des prestations par drone.
- Quidditch est une société indienne fondée en 2014 qui opère des drones pour les applications audiovisuelles, et le tournage de films principalement. La société est notamment intervenue dans les opérations de recherche et de sauvetage après le tremblement de terre qui a eu lieu au Népal, en avril 2015.
- Techbaaz est une *start-up* fondée en 2014 à Mumbai, qui axe son activité sur le développement de drones pour des applications commerciales dans divers secteurs de l'industrie. La société propose notamment des solutions de détection, et de collecte de données.
- Aero360 a été créée en juillet 2014 et est spécialisée dans l'analyse de données et d'images en temps réel, ainsi que dans la modélisation 3D. La société conçoit, construit et opère des drones sur le territoire indien, principalement pour des applications impliquant la collecte massive de données aériennes.

Afin d'animer et de dynamiser la filière du drone en Inde, l'association Unmanned Systems Association of India²¹⁹ (États-Unis) a été créée, dans l'objectif de promouvoir une utilisation sûre, intégrée et efficace des systèmes à base de drones. L'association se livre ainsi à des activités visant à réunir tous les individus et les organismes privés et gouvernementaux concernés par la conception, la R & D, la fabrication et l'opération de drones en Inde. L'organisme reste actuellement entravé par le contexte réglementaire actuel, interdisant toute forme d'opération commerciale de drones dans le domaine civil.

Stratégie de pénétration du marché

Les opportunités de collaboration entre acteurs français et indiens semblent nombreuses, notamment dans les domaines de l'aviation et de l'industrie, où l'Inde n'a jusqu'à présent pas réussi à faire émerger de filière nationale. L'Inde importe encore beaucoup de technologies, pour une production réalisée localement (« *make in India* » : les sociétés étrangères qui investissent en Inde se doivent de mettre en avant une production locale au bénéfice du développement économique du pays).

La pénétration du marché indien semble plus accessible *via* une stratégie partenariale locale, majoritairement en raison des spécificités et lourdeurs administratives indiennes. En tant qu'étranger, il est par ailleurs plus aisé de travailler sur les marchés privés, les marchés publics étant régis par d'importants acteurs publics à la complexité organisationnelle très forte. Il est ainsi conseillé de s'allier à des acteurs locaux sous la forme de *joint-ventures*. La présence locale de grands acteurs français de l'aéronautique comme Airbus peut également représenter une opportunité.

²¹⁷ Drones to assess crop damage under new agro-insurance scheme, Skymet Weatherwise, 10 janvier 2016.

²¹⁸ <http://airpix.in/>

²¹⁹ <http://www.usai.in/index.php>

Concernant les petits constructeurs ou opérateurs, l'accès au marché peut être privilégié *via* des prestations auprès de grands groupes internationaux présents par exemple dans les secteurs des infrastructures ou du bâtiment (à l'image de Bouygues). Ces grands groupes sont en effet susceptibles de recourir à des acteurs français reconnus, avec lesquels des projets auraient potentiellement été menés en France. Cependant, la concurrence locale reste dense, et peut représenter un réel frein au développement d'une activité en Inde.

Il est ainsi probable que les sociétés françaises spécialisées sur le drone qui proposent des solutions globales et un fort pouvoir différenciant aient tout de même des difficultés à accéder au marché par leurs propres moyens, en raison de cette forte présence d'acteurs locaux. Des collaborations avec ceux-ci semblent donc indispensables.

Figure 37 - Différentes stratégies de pénétration du marché indien

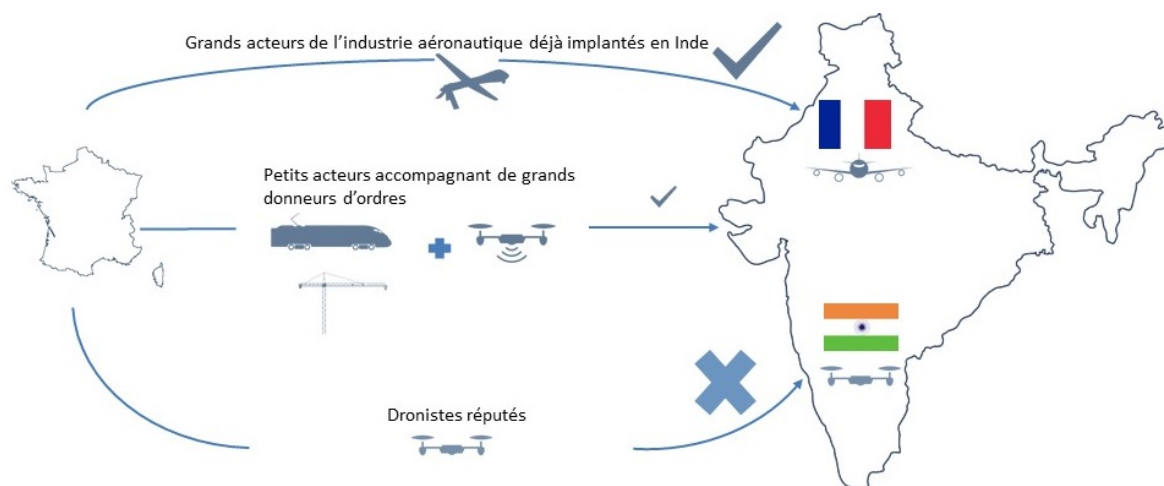


Tableau 26 - Analyse SWOT – Inde

Forces de l'Inde dans le domaine des drones	Faiblesses de l'Inde dans le domaine des drones
- Marchés d'application nombreux et conséquents	- Absence de réglementation jusqu'en 2016
Opportunités pour les acteurs français	Menaces pour les acteurs français
<ul style="list-style-type: none"> - <i>Joint-ventures</i> avec des acteurs privés indiens - Présence locale de l'industrie aéronautique française - Accès au marché <i>via</i> de grands groupes et donneurs d'ordres français 	<ul style="list-style-type: none"> - Difficultés à traiter avec l'Administration indienne et les acteurs publics - Difficulté à pénétrer un marché sans partenaire indien - Forte concurrence locale dans le secteur des petits drones

Conclusion et enseignements de l'analyse par pays

L'étude et l'analyse de ces différentes typologies de pays permettent de définir des enseignements clés et stratégiques pour le développement de la filière française du drone civil à l'international. On constate en effet que les différents pays étudiés présentent des caractéristiques organisationnelles des filières locales très différentes, impliquant des spécialisations techniques spécifiques, et une intégration possible de la valeur ajoutée de l'expertise française déterminée.

Pour chaque pays, et par extrapolation pour chaque typologie de zone géographique, le « time to market » (la temporalité d'accès au marché) est différent. L'analyse développée sur chacun des pays peut par ailleurs être globalisée à des zones géographiques plus étendues : les caractéristiques du marché aux États-Unis rejaillissent inévitablement sur l'ensemble du continent nord-américain, comme l'Allemagne peut être similaire à certains pays du nord de l'Europe, l'Espagne à certains pays du sud, le Maroc à des zones élargies de l'Afrique, et l'Inde pour une influence autour du sous-continent indien (Bangladesh, Bhoutan, Maldives, Népal, Pakistan, Sri Lanka) et de l'Asie du Sud.

Finalement, tous les pays peuvent présenter des opportunités de développement pour les acteurs français, mais la temporalité d'accès comme la typologie d'offres et de stratégies à déployer sont véritablement différentes. Nous reprenons ci-dessous les points clés d'analyse stratégique pour le développement de notre filière à l'export sur ces différentes zones d'intérêt.

Au niveau des États-Unis, la filière française est valorisable au travers d'expertises « métiers » fortes (notamment dans l'agriculture, la surveillance d'infrastructures et les études topologiques). Ces expertises cibles représentent ainsi une porte d'entrée sur le marché américain, qui doivent permettre de développer des partenariats locaux afin d'intégrer certaines briques technologiques nécessaires au développement d'un service local, comme une offre logicielle autour du pilotage et de la navigation des systèmes de drones. Cela peut permettre dans un deuxième temps de développer une offre de formation, toujours en proche relation avec l'expertise métier d'intérêt.

Sur ce territoire, l'expérience française d'utilisation des systèmes de drones en condition réelle et sur des domaines d'applications spécifiques est véritablement reconnue. Il est ainsi nécessaire de s'appuyer sur ces éléments pour construire une proposition de valeur impliquant si possible des acteurs locaux. Aux États-Unis, il faut ainsi centrer l'offre sur l'utilisation des systèmes de drones dans un environnement professionnel dédié, avec prise en compte des problématiques de valorisation des données associées.

En Allemagne, les systèmes de drones souffrent d'une perception négative de la part de l'opinion publique. Les applications les plus prometteuses se trouvent dans les domaines du génie civil et de la surveillance d'infrastructures, sur des problématiques qui vont rester éloignées du grand public.

Les savoir-faire locaux sont cependant très semblables entre acteurs allemands et français. La concurrence est ainsi très forte sur les applications d'intérêt. Les acteurs français bénéficient cependant d'une expérience plus forte en matière de vol hors vue. Il peut s'agir d'un point d'entrée déterminant pour intervenir sur ce territoire.

Concernant l'Espagne, le constat est celui d'utilisateurs non satisfaits, exprimant cependant un réel besoin. Avec un lien trop faible entre recherche et industrie, les technologies espagnoles semblent assez immatures, générant de fortes lacunes sur la qualité des services apportés. Ces éléments sont notamment à l'origine d'un manque de confiance réel de la part des utilisateurs finaux envers les acteurs de la filière.

Avec une image très positive en termes de fiabilité et de qualité des offres françaises, les acteurs français peuvent ainsi intervenir sur le marché espagnol avec une offre centrée sur le drone en tant que système (vecteurs, charges utiles...) afin de fournir aux prestataires de services espagnols un matériel éprouvé et de qualité. L'axe de pénétration du marché par le biais d'intégrateurs et d'opérateurs est ainsi une véritable opportunité, qui peut permettre de développer de la confiance sur ce marché *via* des systèmes fiables et sécurisés. Cela peut par la suite permettre de s'étendre sur des activités liées à la formation, ou aux expertises métiers autour de la valorisation des données.

Au Maroc, la filière du drone est presque inexistante. Les options de pénétration du marché sont ainsi nombreuses, sur des offres de prestations de services ou pour la distribution de drones. La concurrence est presque inexistante, mais la réglementation est très contraignante. La mise en place d'une stratégie locale doit obligatoirement impliquer une relation de forte proximité avec les autorités référentes.

Par ailleurs, ce marché est caractérisé par une réticence culturelle envers la prestation de services. Les acteurs expriment ainsi une réelle volonté de garder la main sur l'opération des systèmes de drones, et préfèrent ainsi acquérir du matériel et des compétences. La formation peut alors représenter un outil de sensibilisation des acteurs locaux afin de développer une offre autour du pilotage et de la maintenance des systèmes. L'expertise

scientifique autour du traitement et de l'analyse des données peut également représenter un réel facteur de différenciation, en lien proche avec des expertises métiers d'intérêt. Par ailleurs, le Maroc est une porte d'entrée stratégique vers un marché africain vaste et complexe.

Enfin, l'Inde, 5^e pays du champ de notre étude, présente des caractéristiques bien spécifiques. Avec une forte intensité concurrentielle locale, l'Inde possède également une volonté forte de favoriser son développement économique *via* une production locale. Pour pénétrer ce territoire, il est ainsi recommandé de définir une véritable stratégie de développement en partenariat avec des acteurs locaux, au bénéfice du développement économique du pays.

Le pays importe ainsi de nombreuses technologies, en favorisant autant que possible la mise en place d'outils de production locaux. Par ailleurs, le pays s'illustre par des spécificités et lourdeurs administratives, qui peuvent rendre complexes les collaborations avec des acteurs publics. Il est ainsi plus aisé de traiter avec des acteurs privés, et d'envisager des alliances locales et des *joint-ventures*. La présence de grands groupes français et internationaux est également un point d'appui stratégique, avec qui il peut être intéressant d'établir des accords de collaboration afin de bénéficier des réseaux déjà établis.

Ainsi, l'analyse de ces différents pays illustre bien des différences structurelles marquées impliquant des positionnements stratégiques adaptés. Toutes les typologies d'acteurs ne peuvent pas intervenir sur toutes les typologies de marché, mais il existe pour chaque acteur des territoires propices à la mise en place d'une stratégie de développement à l'international.

À ce titre, il est essentiel de définir une proposition de valeur qui permette de traiter des problématiques locales tout en s'appuyant sur nos spécificités nationales, garantes de la diffusion d'une image valorisante pour les acteurs français, et au bénéfice de l'ensemble des acteurs de la filière.

La filière française regorge ainsi de compétences d'intérêt qui peuvent être portées sur les marchés internationaux. Les actions et différents programmes de soutien sont en cela essentiels à la pénétration des marchés à l'export, afin de donner les moyens aux acteurs français d'atteindre les opportunités latentes à l'international, et ainsi développer davantage la compétitivité de la filière française du drone civil.

PÉRENNISATION DE LA PRÉSENCE FRANÇAISE SUR LES MARCHÉS D'EXPORTATION

La pérennisation de la présence française sur les marchés d'exportation est étudiée dans une logique d'adaptation aux besoins du client. Une connaissance détaillée de ces derniers est requise afin de comprendre les futures utilisations des drones dans chaque domaine d'application.

Pour cela, l'analyse se doit de redescendre au niveau des segments de marchés d'application. En effet, les caractéristiques précises des marchés cibles influent considérablement sur l'élaboration et la mise en œuvre d'une stratégie de pérennisation sur les marchés internationaux.

De ce fait, nous détaillons dans la suite de ce chapitre un niveau d'analyse prospectif des principaux segments de marché à potentiel (agriculture, système de sécurité, inspection de réseaux et d'infrastructures) pour le développement de la filière française du drone civil à l'export.

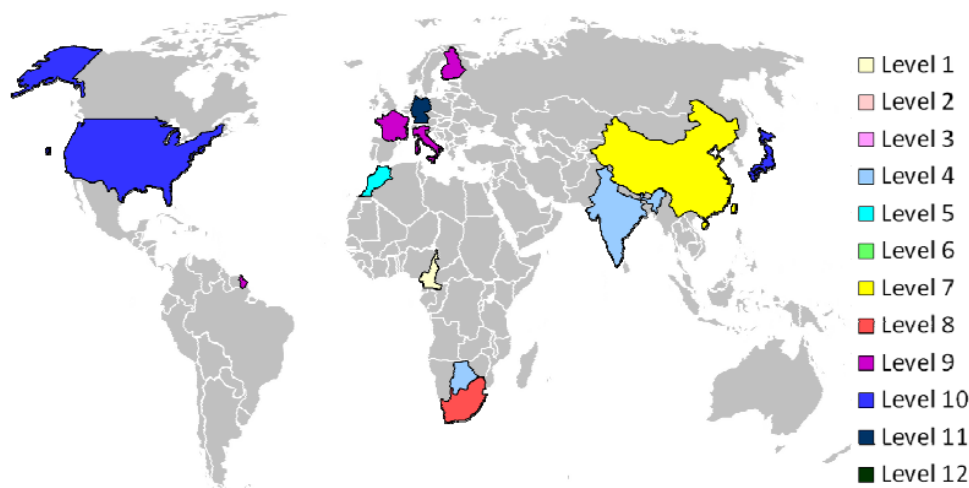
Agriculture

Développement de l'agriculture et mécanisation : tendances

D'importantes différences régionales permettent de définir plusieurs types d'agriculture. Aux États-Unis, les conditions économiques et la qualité des terres ont poussé à une mécanisation intensive et à des exploitations agricoles de taille importante. En Europe, ces dernières sont généralement plus petites mais demeurent sophistiquées au niveau des équipements utilisés. Les régions agricoles en développement (Inde, Chine, Russie) possèdent de nombreuses terres arables non exploitées. Leurs exploitations agricoles sont de taille réduite et utilisent des machines simples, aux coûts d'acquisition et d'utilisation faibles. Enfin, les exploitations situées dans des régions africaines sont souvent constituées d'un unique agriculteur disposant de très peu de moyens mécaniques.

La Figure 38 présente une estimation du niveau de mécanisation²²⁰ actuel de pays comme la France, l'Allemagne, le Maroc, l'Inde, la Chine et les États-Unis : le niveau 1 décrit une agriculture basée majoritairement sur le travail à la main, tandis que le niveau 12 représente une présence importante de véhicules agricoles autonomes. Les niveaux 4 à 10 représentent différents degrés d'utilisation de tracteurs et de sophistications technologiques.

Figure 38 - Estimation du niveau de mécanisation par pays en 2013 (niveau de mécanisation croissant de 1 à 12)²²¹



²²⁰ Le détail de la signification des différents niveaux est présenté en annexe.

²²¹ *Agricultural Development and Mechanization in 2013, A Comparative Survey at a Global Level*, S. Böttinger, R. Doluschitz, J. Klaus, C. Jenane and N. Samarakoon, Université d'Hohenheim, 2013.

Actuellement aux niveaux 4 et 7, l'Inde et la Chine utilisent des modèles de tracteurs peu sophistiqués mais constituent cependant les plus importants marchés au niveau mondial (d'importantes opportunités se présentent notamment dans le secteur de la culture du riz²²²). Deuxième marché européen derrière la France, l'Allemagne se situe avec les États-Unis en haut de l'échelle concernant le niveau de mécanisation. La demande aux États-Unis provient d'un taux de renouvellement important pour des équipements d'importance à fort contenu technologique. Dans ce pays, l'agriculture de précision est notamment fortement développée. Cette dernière progresse également en Europe. La demande en équipements à ce sujet se confirme et concerne des équipements sophistiqués de taille moyenne, adaptés aux infrastructures européennes. Les figures suivantes décrivent l'évolution des niveaux de mécanisation aux horizons 2023 et 2033. Selon ces estimations, l'agriculture aux États-Unis et en Allemagne comportera à l'horizon 2033 une part importante de véhicules autonomes. À ce moment, la Chine aura atteint le niveau de mécanisation actuel des États-Unis, tandis que l'Inde restera en retrait avec une agriculture mécanisée mais peu sophistiquée technologiquement.

Figure 39 - Estimation du niveau de mécanisation par pays à l'horizon 2023 (échelle de mécanisation croissante de 1 à 12)²²³

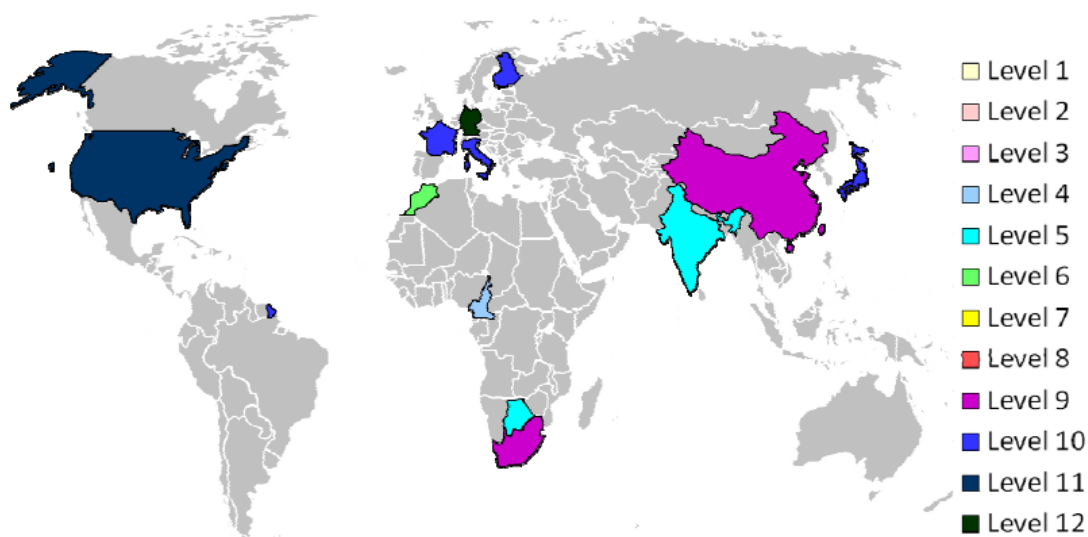
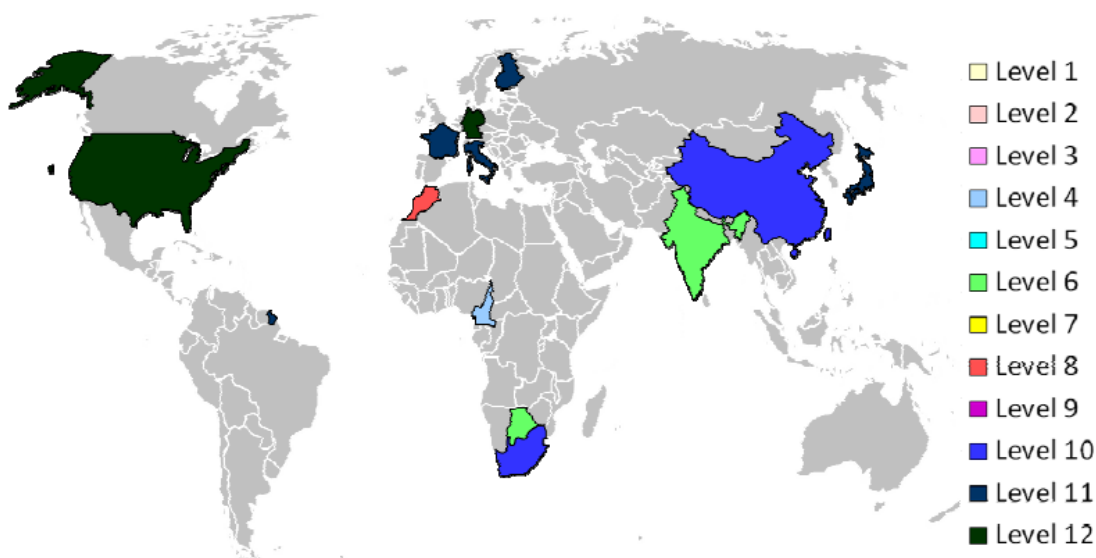


Figure 40 - Estimation du niveau de mécanisation par pays à l'horizon 2033 (échelle de mécanisation croissante de 1 à 12)²²⁴



²²² *Agricultural Equipment Groups – world – July 2014*, Xerfi.

²²³ *Agricultural Development and Mechanization in 2013, A Comparative Survey at a Global Level*, S. Böttinger, R. Doluschitz, J. Klaus, C. Jenane and N. Samarakoon, Université d'Hohenheim, 2013.

²²⁴ *Idem*.

Ces figures soulignent également que dans vingt ans, le niveau de mécanisation de l'agriculture devrait avoir atteint le niveau 8 au Maroc (niveau 5 en 2013).

Le degré de mécanisation de l'agriculture constitue un premier indice de l'utilisation potentielle de drones dans ce secteur. Ce critère est cependant insuffisant : l'évaluation de la capacité de pénétration du marché de technologies associées à l'agriculture et à l'utilisation de drones est présentée dans le Tableau 27. Ce tableau doit être interprété comme un outil représentant différents indicateurs liés à la pérennisation de l'industrie française du drone civil dans le domaine de l'agriculture.

Tableau 27 - Estimation de la pénétration du marché de technologies reliées à l'agriculture²²⁵

Pays	Date	Fertilisation à l'azote	Fertilisation (autres)	Systèmes de guidage	Cartographie de la production	Tracteurs autonomes	Gestion de la flotte (télématique)	ISOBUS	Diagnostics à distance	Utilisation de capteurs	Robotique
Allemagne	2013	5	5	4	4	1	2	3	3	4	3
	2023	5	5	5	5	1	5	4	4	5	4
France	2013	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1
	2023	4	3	3	4	2	3	4	3	4	2
États-Unis	2013	5	5	5	4	1	3	2	3	3	2
	2023	5	5	5	5	3	4	4	5	5	4
Inde	2013	4	2	1	1	1	1	1	1	1	1
	2023	5	3	1	1	1	1	1	1	1	1
Maroc	2013	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1
	2023	4	4	2	2	1	2	2	2	2	2

Légende	1	2	3	4	5
Pénétration du marché	0 à 2 %	2 à 10 %	10 à 30 %	30 à 50 %	> 50 %

Les technologies listées dans le Tableau 27 sont toutes, à court ou long terme, compatibles avec une utilisation intégrée à des systèmes de drones. Dans les pays développés, l'utilisation de celles-ci est poussée par un besoin en équipement plus productif : la diminution des surfaces de terres arables requiert une productivité plus haute par hectare, ce qui se traduit par des besoins en équipements performants. De fortes disparités régionales apparaissent donc : en 2023, la pénétration du marché des robots agricoles aux États-Unis et en Allemagne devrait atteindre 30 à 50 %, contre 2 à 10 % au Maroc et moins de 2 % en Inde.

Dans le secteur de l'agriculture, il est finalement important de considérer les drones comme une solution parmi d'autres vecteurs, comme les avions, les ULM et les satellites. L'arbitrage entre vecteurs s'effectue en fonction de la densité de parcelles, de la période de l'année et de la localisation, mais également en fonction de la thématique et de la précision requise. Si l'emploi de drones dans l'agriculture de précision devrait rester compétitif en raison de la répétabilité des tâches requises, l'utilisation des satellites pour la collecte de données sur des surfaces très étendues demeurera pertinente. Les évolutions dans le domaine des satellites sont par ailleurs rapides : avec l'arrivée du satellite Sentinel 2 de l'ESA et du service associé TalkingFields, il est possible pour les agriculteurs d'acquérir des données dans la bande spectrale de leur choix.

²²⁵ *Agricultural Equipment Groups – World – July 2014*, Xerfi.

Agricultural Development and Mechanization in 2013, A Comparative Survey at a Global Level, S. Böttinger, R. Doluschitz, J. Klaus, C. Jenane and N. Samarakoon, Université d'Hohenheim, 2013.

Axes de pérennisation

Afin de rester au plus proche des besoins des utilisateurs de drones dans l'agriculture, plusieurs axes de pérennisation peuvent être envisagés. Ceux-ci sont en grande partie basés sur des collaborations avec des relais français en place localement.

Dans le secteur de l'agriculture, le premier axe de pérennisation consisterait à s'appuyer sur les collaborations dans le domaine de la recherche, à l'image de celles mises en place entre l'INRA (Institut national de la recherche agronomique, France) et l'IRESA (Institution de la recherche et de l'enseignement supérieur agricole, Tunisie) sur des thématiques liées à des enjeux communs (changements climatiques, gestion de l'eau et des sols, etc.). L'objectif serait de connecter continuellement l'utilisation de drones aux problématiques et axes de recherche spécifiques des différentes régions cibles. Cela renforcerait ainsi les expertises métiers des acteurs du drone et pourrait alors leur permettre d'anticiper certaines évolutions du secteur. Concrètement, on peut envisager un modèle de pérennisation pour les acteurs du drone par la contribution au financement d'une technologie développée par un centre de recherche local, puis par la commercialisation d'un produit ou service dédié dans le cadre d'une *spin-off* ou d'un *joint-venture*. Au niveau de la recherche appliquée, une implantation au sein de centres d'essais liés aux drones peut se révéler intéressante. Ces derniers pourraient de plus héberger des offres de formation proposées par les dronistes.

Les *clusters* peuvent également être des relais d'intérêt. Le réseau Plant InterCluster (composé des pôles de compétitivité français Céréales Vallée, Peifl, Qualiméditerranée, Qualitropic et Végépolys) collabore notamment avec d'autres entités étrangères, comme le *cluster* Semilla spécialisé dans les semences en Argentine²²⁶. Une présence à l'intérieur de tels *clusters* semble offrir de véritables opportunités de collaboration à long terme avec les entreprises locales. Dans les pays où les niveaux de mécanisation restent relativement bas, des collaborations avec les exploitations agricoles les plus développées pourraient aider à soutenir la croissance pour l'utilisation de systèmes de drones. Finalement, il semble judicieux pour les fabricants de vecteurs et de charge utile d'entretenir des liens étroits avec les opérateurs : ce sont en effet ces derniers qui possèdent une connaissance précise des besoins des utilisateurs finaux.

Les associations et institutions locales spécialisées dans l'équipement et le machinisme agricole constituent ainsi des contacts et relais d'information d'intérêt (voir le Tableau 28 pour une sélection réduite).

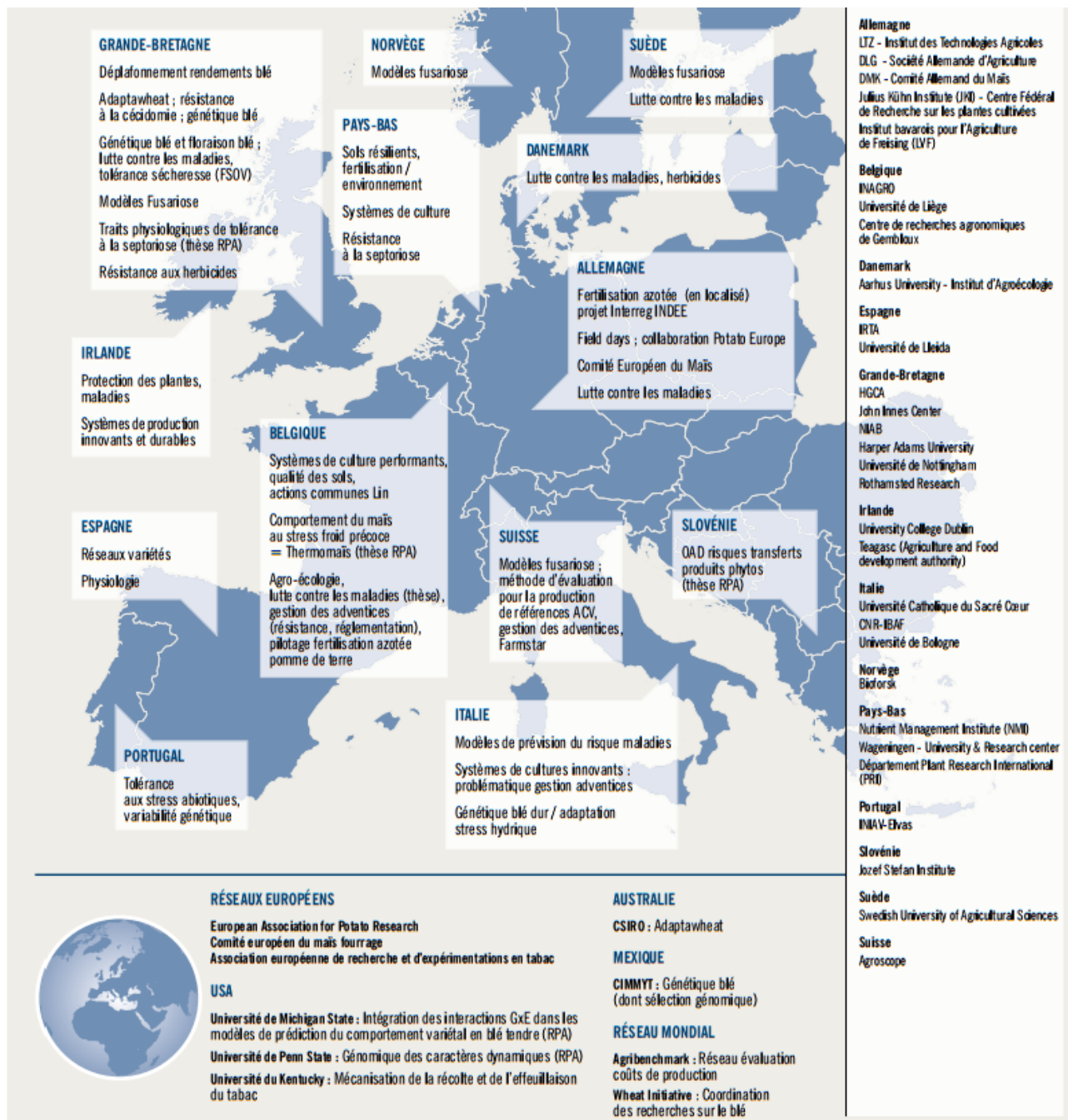
Tableau 28 - Associations et institutions pertinentes dans le secteur du machinisme agricole

Allemagne	VDMA – Verband Deutscher Maschinen und Anlagenbaue
Espagne	AGRAGEX – Association Espagnole de Fabricants/Exportateurs des Machines Agricoles
États-Unis	AEM – Association of Equipment Manufacturers
Inde	FICCI – Federation of Indian Chambers of Commerce and Industry IARI – Indian Agricultural Research Institute CIAE – Central Institute of Agricultural Engineering
Maroc	Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II

D'autre part, les centres techniques liés à l'agriculture, comme Arvalis–Institut du végétal, possèdent de nombreux partenaires internationaux, comme illustré Figure 41. Ces centres visent à améliorer la compétitivité des exploitations et la rentabilité des productions : une collaboration avec les acteurs du drone semble par conséquent naturelle.

²²⁶ Cinq pôles de compétitivité du végétal en réseau pour se développer à l'international, arvalis-infos.fr, 25 mai 2011.

Figure 41 - Partenaires internationaux d'Arvalis - Institut du végétal²²⁷



La création de partenariats avec de grands équipementiers français dans le domaine agricole implantés localement représenterait également une opportunité de pérennisation dans ce secteur. Cependant, bien que la France représente 17,5 % de la production européenne de tracteurs agricoles²²⁸, les fabricants français paraissent en retrait face à des firmes comme l'américain John Deere ou l'indien Mahindra&Mahindra. Le développement d'activités liées aux drones par ces grands groupes internationaux peut constituer une menace potentielle : ceux-ci pourraient, par exemple, à terme proposer des services semblables à Farmstar, englobant l'intégralité des tâches agricoles (déploiement du drone, acquisition de données et transmission en direct aux machines au sol, élaboration de conseils concernant les futures actions à mener, etc.). Ces acteurs disposent vraisemblablement de la confiance des agriculteurs, potentiellement habitués à l'utilisation de leurs machines. Leur avantage majeur est donc d'être perçus comme des acteurs exclusifs du milieu de l'agriculture et non comme des acteurs

²²⁷ http://www.arvalisinstitutduvegetal.fr/rapports-dactivites@/_plugins/WMS_BO_Gallery/page/getElementStream.html?id=28937&prop=file

²²⁸ Les 4 chiffres clés de la production française de machines agricoles, L'Usine Nouvelle, 17 avril 2014.

« extérieurs » positionnés entre autres dans ce secteur, comme le sont parfois les protagonistes de l'écosystème du drone. Cela souligne une fois encore l'importance du développement de l'expertise métier des dronistes et de la perception de celle-ci par les utilisateurs finaux.

L'achat de drones et leur utilisation par de grandes firmes agricoles telles que John Deere paraît cependant peu probable : ces dernières sont en effet intéressées par les données et non par les drones eux-mêmes. Les données pourront donc être fournies par des dronistes, puis restituées sur les plateformes en lignes des firmes agricoles, qui rassemblent également des données issues de satellites et avions. Il est donc nécessaire pour les acteurs du drone de posséder des compétences en ingénierie logicielle, afin de traiter les données et les rendre disponibles selon un format adapté à la plateforme.

Le Tableau 29 résume les différentes opportunités et menaces concernant la pérennisation de la présence des dronistes français dans le secteur de l'agriculture.

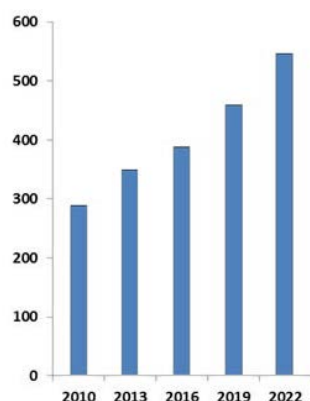
Tableau 29 - Opportunités et menaces concernant la pérennisation de la présence des acteurs français du drone dans le secteur de l'agriculture

Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> - Croissance du marché de l'agriculture de précision et des équipements associés - Tendance à la mécanisation dans les pays en développement - Collaborations dans le domaine de la recherche menant à l'anticipation de futurs besoins des utilisateurs finaux - Mise en place de <i>spin-off</i> et <i>joint-ventures</i> à partir de centres de recherche locaux - Partenariats avec des plateformes d'essai spécifiques aux drones, des centres techniques, des associations d'équipement agricole, et des <i>clusters</i> dans le secteur agricole 	<ul style="list-style-type: none"> - Positionnement sur le marché du drone de <i>leaders</i> de l'équipement agricole

Systemes de securite

D'après une étude d'Homeland Security Research, le marché de la sécurité intérieure et civile au niveau mondial atteindra environ 550 milliards de dollars en 2022 (voir figure ci-dessous).

Figure 42 - Évolution du marché mondial de la sécurité intérieure et civile, en milliards de dollars US²²⁹



Le Tableau 30 présente l'importance de différents sous-marchés du secteur : en termes de chiffres d'affaires, les segments les plus importants sont la sécurité des infrastructures critiques, la sécurité dans le secteur privé ainsi que la modernisation de la police et la sécurité de l'industrie de l'Oil & Gas. Ces segments sont tous propices à l'utilisation de systèmes de drones.

Tableau 30 - Importance des marchés mondiaux de la sécurité intérieure et civile en 2020²³⁰

Marché	Taille (\$)
Sécurité des infrastructures critiques	+++
Sécurité dans le secteur privé	+++
Modernisation de la police	+++
Sécurité de l'industrie de l'Oil & Gas	+++
Antiterrorisme et lutte contre le crime	++
Sécurité dans l'aviation	++
Sécurité des villes	++
Sécurité CBRN & Hazmat ²³¹	++
Atténuation des catastrophes naturelles & équipement de secours	+
Sécurité des frontières terrestres	+
Sécurité maritime	+
Sécurité des événements publics	+

Les technologies dominant le marché de la sécurité en 2020 sont présentées dans le Tableau 31. La cybersécurité et les systèmes d'alerte précoce et équipement de sauvetage devraient ainsi représenter des ventes cumulées de

²²⁹ Global Homeland Security & Public Safety Industry, Technologies Market – 2015-2022, Homeland Security Research, 2015.

²³⁰ Global Homeland Security & Public Safety Industry, Technologies Market – 2015-2022, Homeland Security Research, 2015.

²³¹ Chemical, Biological, Radiological and Nuclear (CBRN) and HazMat (hazardous materials).

700 et 150 milliards de dollars respectivement, sur la période 2015-2022. Ces marchés sont en particulier tirés par les avancées dans le domaine des capteurs et des technologies de l'information et de la communication.

Tableau 31 - Neuf technologies qui domineront le marché de la sécurité intérieure et civile en 2020²³²

Technologie	Taille du marché associé (\$)
Cybersécurité	+++
Systèmes et dispositifs de communication	++
Systèmes d'alerte précoce, équipement de sauvetage	++
Systèmes de détection d'intrusion	++
Vidéosurveillance	++
Analyse vidéo	+
Systèmes basés sur l'informatique dématérialisée (<i>cloud based systems</i>)	+
C2 / C4ISR ²³³	+
Biométrie	+

Le tableau suivant présente les niveaux d'indicateurs sociaux permettant de juger de la propension potentielle à l'implémentation de drones dans le domaine de la sécurité. Une cartographie plus générale de ces critères est présentée en annexe.

Tableau 32 - Indicateurs sociaux liés à l'implémentation de drones dans le domaine de la sécurité²³⁴

Indicateur (1-faible, 5-fort)	Allemagne	Espagne	États-Unis	Inde	Maroc
Niveau du nombre d'agents et de policiers pour 100 000 habitants	2	2	2	1	1
Niveau de criminalité perçue dans la société	2	3	2	5	2
Niveau de capacité et de sophistication militaire	3	3	5	4	2
Niveau de probabilité de manifestations violentes	2	2	2	3	3

Le niveau du nombre d'agents et de policiers pour 100 000 habitants, le niveau de criminalité perçue dans la société, le niveau de capacité et de sophistication militaire ainsi que le niveau de probabilité de manifestations violentes paraissent en effet pertinents pour juger de la possible utilisation des drones par la police. Suivant cette logique, des niveaux élevés sont favorables au recours à des drones à des fins de surveillance.

Selon ces indicateurs sociaux, l'Inde apparaît comme un pays particulièrement propice à l'utilisation de drones dans le domaine de la sécurité : ce pays présente en effet des niveaux élevés de criminalité perçue dans la société et de probabilité de manifestations violentes. Un haut niveau de sophistication militaire traduit de plus une capacité potentielle d'intérêt à utiliser de nouvelles technologies dans les forces de police.

Conformément à ces critères, il semble difficile de tirer des conclusions pour les autres pays listés, qui ne s'illustrent pas par une combinaison uniforme d'indicateurs de niveaux élevés : par exemple, les États-Unis ont un niveau de sophistication militaire maximal, mais des niveaux bas de probabilité de manifestations violentes et de criminalité perçues dans la société.

²³² *Idem.*

²³³ C2 : Command & Control ; C4ISR : systèmes permettant la compréhension d'un environnement opérationnel, l'identification des facteurs critiques et le contrôle des atouts.

²³⁴ Source : Tech2Market, d'après Global Peace Index et <http://perspective.usherbrooke.ca>

Axes de pérennisation

Fortement lié à des activités gouvernementales (police, douane, pompiers), le secteur de la sécurité est un marché présentant de fortes spécificités et particularités.

Les critiques²³⁵ concernant l'inefficacité des drones utilisés par les États-Unis pour la surveillance de leur frontière avec le Mexique pourraient mener certains gouvernements à réfléchir sur la pertinence de cette méthodologie, coûteuse en raison de l'emploi de drones de grande taille. Les tendances relatives à cette application sont donc relativement incertaines, les décisions étant potentiellement dépendantes d'un vote du gouvernement. Les drones doivent de plus être utilisés en mode hors vue, ce qui suppose l'existence de technologies et d'une réglementation adaptée. Ce dernier aspect s'applique également à la surveillance du trafic routier à l'aide de drones.

En revanche, les partenariats effectués avec les gouvernements sont en général de longues durées. Pour des utilisations concernant la surveillance des frontières, les drones sont de grande taille et nécessitent la formation des pilotes, l'approvisionnement en pièces détachées et la maintenance. Ces actions s'inscrivent dans la durée et constituent donc des moyens de pérennisation.

De manière générale, l'utilisation par les forces de police et de gendarmerie de drones de masse peu élevée semble appelée à se démocratiser, comme le montrent différents exemples en France²³⁶, en Inde²³⁷ ou aux États-Unis²³⁸. Comme le personnel n'est actuellement pas formé à l'utilisation des drones, des besoins en formation (au pilotage, à l'utilisation des charges utiles et à l'exploitation des données) devraient apparaître : dans le cadre des missions de sécurité effectuées par un gouvernement, le recours à des opérateurs privés paraît en effet inenvisageable. Pour les organismes de formation privés, l'internalisation de la formation par les institutions gouvernementales représente une menace difficile à contrer. Une formation continue dispensée par les fabricants de vecteurs et capteurs concernant les dernières évolutions de leurs technologies pourrait contribuer à la minimiser.

Peu de relais français locaux semblent exister dans le secteur de la sécurité : l'utilisation de drones civils dans ce domaine s'effectue en général sous le commandement d'un gouvernement, les utilisateurs principaux étant les douanes, garde-côtes, policiers, gendarmes et pompiers. Les centres de recherche dédiés aux capteurs ou à l'utilisation de drones en environnements difficiles (intérieur, environnements explosifs ou difficiles d'accès) sont également pertinents pour la mise en place de projets ou programmes de recherche collaboratifs. L'implication dans des projets du type DRIVER (DRIVING Innovation in crisis management for European Resilience), qui traite entre autres de la coordination des systèmes d'urgence, peut également représenter un intérêt, étant donné l'importance de ce type de marché. Enfin, l'une des missions du pôle de compétitivité « Risque » est de contribuer à la compétitivité et à la visibilité de ses membres à l'international, notamment dans les domaines de la surveillance de sites sensibles et la gestion globale des risques.

À l'inverse des applications gouvernementales, la surveillance de bâtiments et de sites sensibles constitue un marché composé d'acteurs privés. Lorsque ce type d'activité s'effectue en continu et non de manière ponctuelle, le recours à des opérateurs n'est pas pertinent et concerne principalement des fabricants de vecteurs et capteurs. Dans ce cas, ceux-ci pourraient éventuellement nouer des partenariats avec les développeurs d'alarmes d'intrusion, qui pourraient à l'avenir proposer les drones comme une fonctionnalité additionnelle d'un système d'alarme.

²³⁵ *U.S. surveillance drones largely ineffective along border, report says*, The Washington Post, 6 janvier 2015.

²³⁶ *Le drone, nouvelle arme des gendarmes*, Le Figaro, 03/02/2016.

²³⁷ *Police in India Now Have Drones That Can Shower Unruly Crowds With Pepper Spray*, Vice News, 9 avril 2015.

²³⁸ *Flying UAS to protect and serve*, InsideUnmannedSystems, septembre 2015.

Tableau 33 - Opportunités et menaces concernant la pérennisation de la présence des acteurs français du drone dans le secteur de l'agriculture

Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> - Importance du marché de la surveillance dans le secteur privé - Collaborations avec les fabricants de vecteurs et capteurs - Collaborations avec les institutions de recherche et les <i>clusters</i> internationaux - Collaborations directes avec les gouvernements (accords de longue durée) - Besoins en maintenance et pièces détachées pour l'utilisation de drones de grande taille 	<ul style="list-style-type: none"> - Décisions provenant directement des gouvernements dans le secteur de la sécurité civile - Exploitation entièrement effectuée en interne par des équipes gouvernementales dédiées et non par des opérateurs privés - Inefficacité de la surveillance des frontières à l'aide de drones aux États-Unis : incertitude sur le futur de ces programmes

Secteur de l'inspection de réseaux et d'infrastructures

Les secteurs d'applications liés à l'inspection peuvent être divisés en deux types : les réseaux (ferroviaire, lignes électriques à haute tension, *pipelines*), qui impliquent des déplacements horizontaux sur de longues distances, et les infrastructures ponctuelles (ouvrages de génie civil, éoliennes, plateformes *offshore*, mines).

Les opérations d'inspection effectuées sur les réseaux sont conduites de manière répétitive et fréquente, ce qui rend à terme l'acquisition des vecteurs et charges utiles intéressante, contrairement au recours à un opérateur externe de façon prolongée.

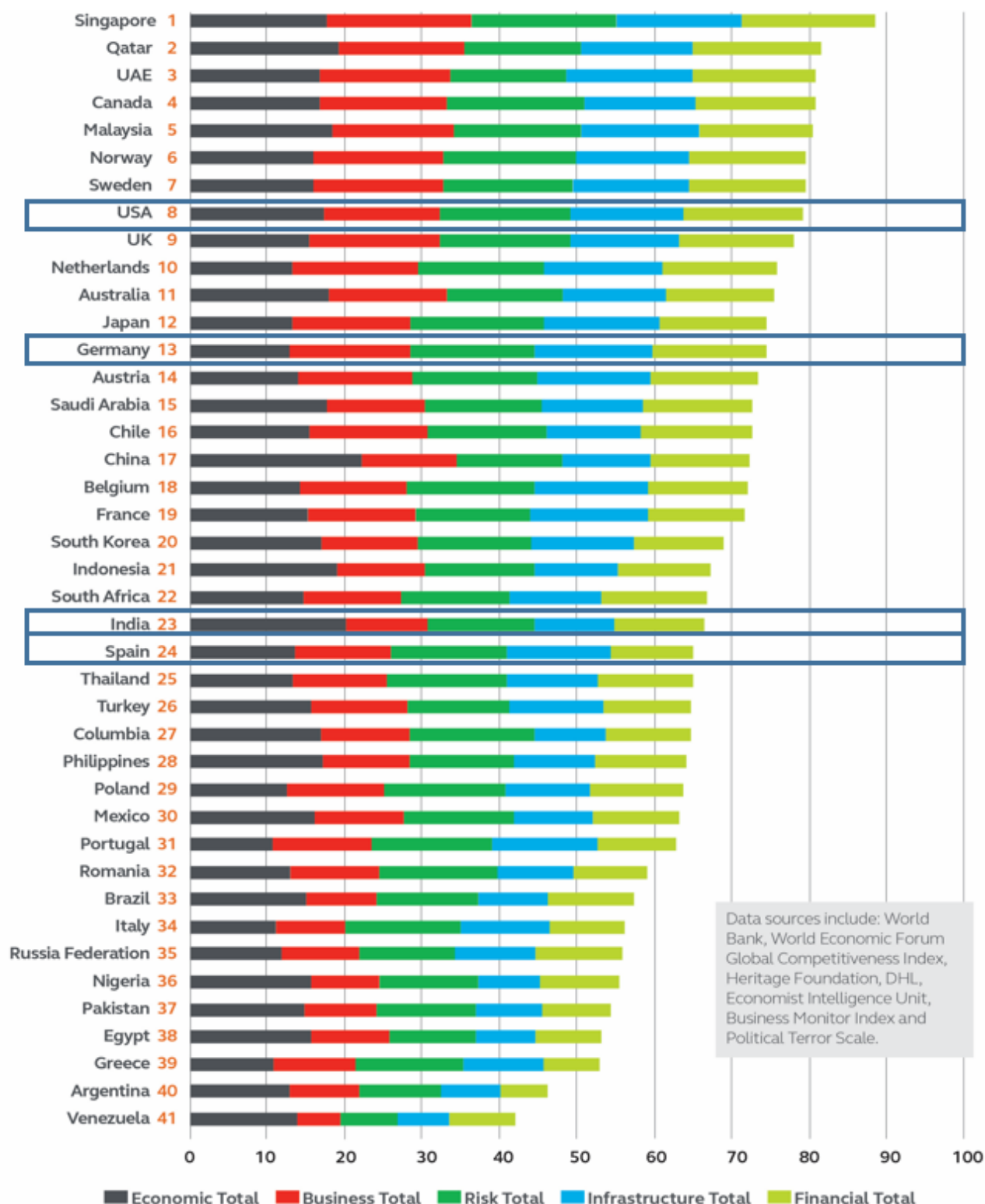
Arcadis propose un classement par pays se basant sur l'attractivité vis-à-vis des investisseurs dans le domaine des infrastructures²³⁹. Ce classement est construit en fonction de 5 catégories :

- Environnement économique (niveau de la demande en investissements dans les infrastructures)
- Environnement d'affaires (attractivité du pays pour les investisseurs)
- Risque (déterminé par le pays sur les retours sur investissement)
- Infrastructure (opportunité de construire des infrastructures et capacité à les réaliser)
- Environnement financier (degré de support fourni aux infrastructures provenant de l'environnement financier)

Ce classement mesure l'attractivité à long terme des pays pour des investissements dans le domaine des infrastructures (voir figure suivante).

²³⁹ Third global infrastructure investment index 2016, Arcadis.

Figure 43 - Index 2016 de l'attractivité à long terme des pays pour des investissements dans les infrastructures²⁴⁰



Le tableau suivant présente le classement des pays cibles de l'étude. Selon celui-ci, l'Allemagne et les États-Unis sont les pays les plus attractifs et présentent des tendances favorables. L'Espagne et l'Inde se situent au même niveau, avec une dynamique cependant défavorable pour l'Espagne.

²⁴⁰ Source : Third global infrastructure investment index 2016, Arcadis.

Ce classement constitue un indicateur à prendre en compte en ce qui concerne l'utilisation des drones pour la surveillance d'infrastructures.

Tableau 34 - Classement des pays cibles selon leur attractivité pour des investissements dans le domaine des infrastructures

Pays	2016	2014	2012	Tendance
Allemagne	13	14	14	↑
Espagne	24	24	22	↓
États-Unis	8	9	11	↑
Inde	23	23	25	→
Maroc	N/A	N/A	N/A	N/A

Ferroviaire

Dans le domaine des infrastructures ferroviaires, le tableau suivant présente les investissements réalisés entre 2000 et 2030 pour différents pays. Les investissements les plus importants se situent en Inde ainsi qu'en Afrique du Nord et au Moyen-Orient. Pour ce dernier groupe, la taille des infrastructures est cependant bien moins importante que pour les autres pays. Bien que les investissements dans les infrastructures ferroviaires soient de plus faible ampleur aux États-Unis que dans les autres pays cités, il convient de rappeler que les États-Unis demeurent actifs quant à l'utilisation potentielle de drones pour la surveillance des chemins de fer (programme Pathfinder²⁴¹, en collaboration avec BNSF Railway).

Tableau 35 - Investissements prévus dans le domaine des infrastructures ferroviaires entre 2000 et 2030, en milliards de dollars²⁴²

Pays	Valeur de l'infrastructure en 2000 (Mds \$)	Valeur de l'infrastructure prévue en 2030 (Mds \$)	Augmentation de valeur entre 2000 et 2030 (Mds \$)
Allemagne	43,8	95,9	119 %
Europe et Asie centrale	84	194,1	131 %
États-Unis	93,4	180,8	94 %
Inde	19	52,9	178 %
Afrique du Nord et Moyen-Orient	0,7	6,9	886 %

²⁴¹ *Insitu and BNSF ScanEagle first commercial BVLOS flight*, Suasnews, 25 novembre 2015.

²⁴² Source : Infrastructure to 2030, volume 2, Mapping policy for electricity, water and transport, OCDE, 2007.

Énergie

En se basant sur le scénario « New policies », qui décrit l'implémentation des politiques énergétiques annoncées par les gouvernements, l'Agence internationale de l'énergie prévoit une multiplication par deux d'ici 2035 de la production d'électricité à partir de sources renouvelables au niveau mondial²⁴³. Cela suppose la création de nouvelles centrales de production d'électricité ainsi que leur raccordement au réseau, et donc dans certains cas la mise en place de nouvelles lignes électriques haute tension. En effet, les sources d'électricité renouvelables dépendent des conditions locales (vent, irradiation solaire, etc.) et peuvent donc être situées à des endroits n'étant pas reliés aux réseaux électriques à haute tension existants. La forte pénétration d'énergies renouvelables, à la production variable, rend les réseaux électriques sensibles aux pannes : la déconnexion du réseau d'une ligne électrique haute tension peut dans certaines situations mener à des déconnexions en chaîne et potentiellement des coupures d'électricité chez les utilisateurs finaux. Cela rend critique le bon état de ces lignes électriques, et nécessite donc leur inspection régulière, potentiellement à l'aide de drones. Les innovations futures dans ce domaine pourraient concerner les interactions physiques entre le drone et le réseau considéré, à l'aide d'un bras robotique par exemple (des recherches à ce sujet sont effectuées au centre d'essais CATEC, en Espagne). Des collaborations avec des centres de recherche travaillant sur cette thématique pourraient donc intéresser les fabricants de vecteurs et capteurs.

La qualité du réseau électrique peut être considérée comme un indicateur de l'utilisation potentielle des drones à des fins d'inspection. Il est ainsi probable que les pays possédant la plus haute qualité soient les premiers à recourir à l'inspection par drone. Dans les pays où la qualité du réseau est la moins bonne, l'inspection par drone semble en effet représenter une solution d'impact faible en comparaison des autres actions pouvant être entreprises pour améliorer la qualité de l'électricité.

Tableau 36 - Qualité du réseau électrique par pays (1 : plus faible que dans la majorité des pays ; 7 : conforme aux standards les plus élevés)²⁴⁴

Allemagne	Espagne	États-Unis	Inde	Maroc
6,9	6	6,3	3,1	5

Le vol hors vue représente un aspect incontournable de l'inspection de réseaux. Cette application est donc fortement dépendante des évolutions réglementaires associées.

D'après le GWEC (*Global Wind Energy Council*), la Chine devrait ajouter environ 100 GW de capacité éolienne entre 2020 et 2030, ce qui représente environ la capacité totale éolienne installée dans la région OECD – Amérique du Nord en 2020²⁴⁵. Dans ce domaine, les coûts d'opération et de maintenance représentent 11 à 30 % du coût complet de production de l'électricité. Apportant des gains en rapidité d'inspection, l'utilisation de drones dans ce secteur pourrait donc se démocratiser. Le tableau suivant présente l'évolution prévue entre 2015 et 2030 des capacités éoliennes installées pour différents pays : celles-ci devraient doubler en Allemagne, Espagne et États-Unis. L'Inde et le Maroc présentent des croissances encore plus marquées.

Tableau 37 - Capacité éolienne installée (Giga Watts) par pays en 2015 et 2030²⁴⁶

Date	Allemagne	Espagne	États-Unis	Inde	Maroc
2015	39	23	66	23	1
2030	80	45	140	83	5

²⁴³ IEA *World Energy Outlook 2012, New Policies Scenario*.

²⁴⁴ Quality of electricity supply, Banque mondiale,

http://siteresources.worldbank.org/INTEPCOMNET/Resources/2.05_Quality_of_Electricity_Supply.pdf

²⁴⁵ *Global wind energy outlook*, 2014, Global Wind Energy Council.

²⁴⁶ Global Wind Energy Outlook 2014, Global Wind Energy Council ; Wind and Solar Data and Projections from the U.S. Energy Information Administration: Past Performance and Ongoing Enhancements – 2016 ; www.thewindpower.net.

Mines

En 2014, les plus grands producteurs de minéraux²⁴⁷ en termes de tonnes produites étaient la Chine (25,2 % de la production mondiale), l'Australie (14 %), le Brésil (10 %) et les États-Unis (4,9 %). Les groupes miniers majeurs sont anglais (Glencore Xstrata, AngloAmerican), anglo-australiens (BHP Billiton, Rio Tinto), brésiliens (Vale), chinois (China Shenhua, Chalco), américains (Alcoa, Freeport-McMoRan, Newmont) et russes (Norilsk Nickel, Rusal).

D'après l'institut d'études économiques Xerfi, les aspects influençant le plus fortement l'industrie minière sont la politique et l'économie. Fortement dépendante des supports gouvernementaux à son égard, cette industrie est donc relativement sensible aux instabilités politiques, aux augmentations des taxes sur les ressources ainsi qu'aux problématiques liées aux privatisations et expropriations. Du point de vue économique, le ralentissement de la croissance dans les pays en développement et la volatilité des prix des marchandises affectent négativement cette industrie. La demande en minerai et métaux varie en effet de manière semblable aux niveaux de développement économique et d'industrialisation. Toujours d'après Xerfi, les développements technologiques impactent faiblement le secteur minier.

Comme décrit précédemment, peu d'acteurs français sont présents dans ce secteur. Des collaborations avec des entreprises étrangères sont cependant possibles, à l'image de celle réalisée entre l'opérateur Redbird et le spécialiste du génie civil Caterpillar. Dans ce domaine, la valeur ajoutée du service fourni par l'opérateur provient principalement de sa capacité à traiter et restituer les données acquises, ce qui requiert des compétences en génie logiciel. L'utilisation d'algorithmes de traitement automatique des données pertinentes nécessite également une expertise en topographie et en génie des mines. Ces expertises métiers, ainsi qu'une connaissance détaillée des besoins du secteur peuvent être développées notamment *via* des collaborations avec les organisations de recherche locale. À titre d'exemple, la CAMIRO (*Canadian Mining Industry Research Organization*) fonctionne sur la base de la recherche collaborative menée par ses membres internationaux, issus de l'industrie : son but est de développer les innovations, techniques, méthodes et technologies afin d'améliorer la productivité, la sûreté ainsi que l'impact environnemental de l'industrie des mines.

Axes de pérennisation

Dans le domaine de la surveillance des infrastructures et réseaux, il est nécessaire de différencier les deux typologies d'activités.

D'un côté, les applications verticales (ouvrages de génie civil, éoliennes, plateformes *offshore*, mines) qui impliquent essentiellement des drones légers, avec un haut niveau d'expertise sur le traitement et l'analyse des données générées. La valeur ajoutée du service se trouve ainsi bien à la frontière de l'ingénierie logicielle et de l'expertise métier afin d'optimiser et d'automatiser l'inspection des ouvrages ou la gestion de l'exploitation des sites concernés.

De l'autre, les applications horizontales (ferroviaire, lignes électriques à haute tension, *pipelines*) qui impliquent des drones plus complexes, capables de réaliser des vols hors vue sur de très longues distances. Ce travail d'inspection nécessite des technologies de capteurs pointues afin de disposer de prises de vue assez précises pour permettre une exploitation des données générées. L'analyse de ces données implique par ailleurs des bases de données de taille considérable, composées de plusieurs milliers de prises de vue. L'exploitation de ces dernières demande ainsi la mise en œuvre d'algorithmes de traitement automatisés.

Quoi qu'il en soit, ces activités sont gérées par des grands comptes et donneurs d'ordres responsables d'un parc réseau ou d'une infrastructure de taille importante. La mise en place d'une collaboration avec un acteur peut ainsi rapidement ouvrir la voie à un marché de taille importante, qui peut justifier d'une montée en compétence et en expérience rapide. Cela peut alors représenter par la suite une opportunité de développement sur les marchés internationaux, en collaboration avec le grand compte ou donneur d'ordre français, ou en s'appuyant sur la notoriété d'une première réalisation française. L'initiation de collaborations approfondies avec des donneurs d'ordres sous-forme de *joint-venture* peut par ailleurs permettre de proposer une offre reconnue qui peut alors bénéficier d'une mise à l'échelle internationale rapide et efficace, s'appuyant sur les effets de réseaux offerts par les structures impliquées dans une telle collaboration.

²⁴⁷ World Mining Groups, Xerfi Global, 2014.

Tableau 38 - Opportunités et menaces concernant la pérennisation de la présence des acteurs français du drone dans le secteur de l'inspection

Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none">- Diversité des marchés d'application- Développement de grandes infrastructures dans les pays émergents- Croissance du secteur éolien et coût de la maintenance dans ce domaine- Partenariats d'opérateurs avec des plateformes <i>offshore</i>, entreprises de BTP...- Formation du personnel des institutions publiques- Relais auprès de grands comptes français (Total, SNCF, Bouygues)	<ul style="list-style-type: none">- Internalisation des activités drone par les grands groupes (répétitivité des tâches : intérêt d'acquérir le vecteur et capteur sans avoir recours à des opérateurs)- Vol hors vue requis pour l'inspection horizontale ce qui peut nécessiter des aménagements dans la réglementation ou dans l'utilisation de technologies complexes

Conclusion

L'ensemble de l'analyse internationale réalisée dans ce rapport met en avant deux champs principaux de pérennisation de la présence des acteurs français sur les marchés d'exportation. Le premier consiste en la valorisation d'une expertise métier permettant un développement sur l'ensemble de la chaîne de valeur du service, tandis que l'autre vise à pénétrer un pays cible pour s'étendre par la suite sur une zone géographique élargie. Ces axes de développement sont bien évidemment à adapter aux différents contextes des pays ciblés, mais d'un point de vue général, ils peuvent s'appliquer à toute stratégie de développement à l'international.

Dans le cas de la valorisation de l'expertise métier, la pérennisation repose en grande partie sur des collaborations avec des centres de recherche dotés d'une expertise similaire à celle des dronistes, ainsi que sur des rapprochements avec de grands groupes internationaux, capables de prescrire les solutions françaises et d'encourager leurs intégrations dans la chaîne de services.

À partir de la pénétration d'un pays cible, la pérennisation de la présence peut s'effectuer grâce à un développement sur une zone géographique élargie : en effet, certaines typologies de pays sont généralisables à une région entière présentant des typologies de marché similaires, pour lesquelles la duplication de la stratégie d'accès, à quelques adaptations près, peut permettre de diffuser plus globalement l'offre de services. Cette stratégie ancre la démarche de développement à l'export dans une notion de spécialisation par secteur géographique. La stratégie se base donc fortement sur la compréhension du contexte local.

RECOMMANDATIONS STRATÉGIQUES

Les recommandations stratégiques issues de la réalisation de l'étude du potentiel de la filière française du drone civil à l'export se répartissent en plusieurs axes thématiques. Pour certains de ceux-ci, le Conseil pour les drones civils (CDC) a déjà initié certaines actions, détaillées le cas échéant dans la liste de recommandations ci-dessous :

- 1. Accompagner l'émergence d'une filière solidaire et portée par une communication commune à l'international**
- 2. Mettre en place des actions coordonnées et partagées de veilles technologique et économique**
- 3. Partager les bonnes pratiques entre les acteurs de la filière sur les démarches à l'export**
- 4. Utiliser la réglementation française comme un outil de pénétration des marchés étrangers ;**
- 5. Favoriser le développement d'une expérience reconnue du vol hors vue et sa reconnaissance au niveau international**

Fiche action n°1
Accompagner l'émergence d'une filière solidaire et portée par une communication commune à l'international

Objectif(s) :

- Structurer et optimiser la communication de la filière drones à l'international
- Faire rayonner l'ensemble de la filière française du drone à l'international

Moyens à mobiliser :

- Créer un label-étendard d'excellence du drone français
- Encourager la présence commune des industriels français sur les salons des métiers en lien avec les marchés d'application des drones
- Créer un support vitrine de la filière drone française

Délai :

- Moyen/long terme

Gains attendus :

- Perception à l'international d'une filière française du drone « forte », de qualité
- Image de marque améliorée pour les industriels bénéficiaires du label

Obstacles :

- Critères et organisme de labellisation à définir

Description :

Sensibiliser les acteurs à l'intérêt d'une démarche stratégique nationale

- **Créer un label-étendard du savoir-faire français, à l'image de l'initiative French Tech**
 - La création d'un nouveau label n'est pas absolument nécessaire. Une utilisation de la marque « French Tech » est envisageable.
 - Ce label serait principalement destiné à de la communication mais il pourrait également faciliter l'accès des *start-up* aux financements indispensables à leur développement, notamment à l'export
 - Les critères d'obtention sont à définir par les fédérations professionnelles du drone

Acteurs leaders : fédérations professionnelles du drone

Autres acteurs impliqués : Pôles de compétitivité, Conseil pour les drones civils

- **Encourager la présence commune des industriels français sur les salons métiers en lien avec les marchés d'application des drones**

- Mise en place de stands communs avec Business France

Acteurs leaders : fédérations professionnelles du drone, Conseil pour les drones civils

- **Création d'un support vitrine de la française filière des drones**

- Par exemple, site internet des fédérations professionnelles du drone ou du Gifas
- Communiquer sur les actions entreprises par la filière française des drones (expérimentations, réglementations, bonnes pratiques, *success stories*)
- Établir et publier une cartographie de l'offre française
- Disponibilité de l'information en français et en anglais

Acteurs leaders : fédérations professionnelles du drone (avec éventuellement l'appui de Business France), Conseil pour les drones civils

- **Sensibiliser les organisateurs des grands événements internationaux ayant lieu en France à l'utilisation de solutions françaises pour les drones pour promouvoir cette expertise**

Acteur leader : fédérations professionnelles du drone

Fiche action n°2

Mettre en place des actions coordonnées et partagées de veilles technologique et économique

Objectif(s) :

- Collecter et diffuser de façon régulière l'information technologique, économique et réglementaire relative aux marchés et à la concurrence internationale

Moyens à mobiliser :

- Initier une véritable démarche de filière répondant à l'intérêt général

Délai :

- Court terme

Gains attendus :

- Répondre aux besoins de veille des acteurs au niveau international, incluant aussi bien les aspects technologiques qu'économiques
- Améliorer le positionnement concurrentiel des acteurs français dans un contexte international
- Optimiser le coût de la veille existante (si elle existe) en partageant les ressources, les outils et l'information

Obstacles :

- Réserve de certains acteurs pour la mise en place d'actions collectives à l'échelle nationale
- Diffusion à des tiers d'informations obtenues *via* des veilles payantes (commande directe de veille ou via des cotisations à des associations réalisant la veille)
- Un besoin de financement supplémentaire de la veille pourrait constituer un obstacle

Description :

- **Réallocation d'une partie des moyens de veille existants** afin de favoriser la mise en place d'actions communes
 - Bilan exhaustif des veilles technologiques et économiques réalisées (Onéra, Gifas, CDC, DGAC...)
 - Synthèse des réallocations possibles

Acteurs leaders : fédérations professionnelles du drone
- **Proposition d'organisation de la veille**
 - Regrouper sur une même plateforme les actions de veille effectuées par l'Onéra, les pôles de compétitivité, le Gifas et le CDC
 - L'accès commun et sécurisé aux actions de veille des acteurs nécessiterait la mise en place d'une plateforme *ad hoc* de veille/curation/publication de contenus, éventuellement complétée par une deuxième plateforme pour des contributions ponctuelles de certains acteurs (étudiants, etc.)
 - Utilisation d'outils agiles, tels que des forums, portant sur des thématiques précises
 - Mise en place d'une revue de presse hebdomadaire ou mensuelle
 - Rédaction de monographies par pays en fonction des moyens disponibles
 - L'adhésion à l'une des entités autoriserait l'accès aux informations agrégées par la plateforme
- **Thématiques de la veille**
 - Veille technologique
 - Veille sur les projets en cours

Acteur leader : à définir entre le CDC et les fédérations professionnelles du drone
 - Veille économique
 - Collecte d'informations sur la concurrence internationale et les principaux marchés d'application

Acteurs leaders : fédérations professionnelles du drone

Autres acteurs : services économiques des ambassades, Business France

Fiche action n°3
Partager les bonnes pratiques entre les acteurs de la filière sur les démarches à l'export

Objectif(s) :

- Accélérer et faciliter les échanges d'informations qualifiées entre les acteurs exportateurs
- Permettre une meilleure connaissance des dispositifs publics d'aide à l'export accessibles aux acteurs de la filière
- Faciliter la résolution des nombreuses difficultés pratiques liées aux opérations d'exportation

Moyens à mobiliser :

- Comité Technique 3 du Conseil pour les drones civils (CT3 du CDC) pour le partage d'informations qualifiées entre ses membres
- Établir un guide pratique des opérations d'exportation pour les acteurs de la filière (aides publiques, financements, douanes et assurances)
- Mettre en place un guichet d'information unique et simple, dédié à l'export des drones

Délai :

- Court terme

Gains attendus :

- Lever plus facilement les contraintes opérationnelles d'accès aux marchés d'exportation
- Initier de nouvelles collaborations à l'export entre les acteurs

Obstacles :

- Jeu de la concurrence pouvant limiter certaines collaborations

Description :

- Partage d'informations qualifiées entre ses membres (accueillant des membres de la filière et donneurs d'ordres)
 - Mettre en commun des informations acquises par les différents industriels français (au niveau des assureurs notamment)
 - Faciliter les rencontres entre les différentes typologies d'acteurs de la filière
 - Favoriser les collaborations entre les acteurs de la filière et les donneurs d'ordres
 - Organiser de **séminaires thématiques**, dédiés par exemple aux :
 - Procédures de contrôle des biens à double usage
 - Procédures douanières
 - Aides et garanties publiques à l'export
 - Financements privés
 - Risques pays

Acteur leader : CDC (CT3)

Autres acteurs impliqués (intervenants des séminaires) : pôles de compétitivité, Gifas, Bpifrance (Coface), DGE, DG Trésor, Douanes

- Rédaction d'un **guide pratique des opérations d'exportation de drones** ayant pour but de rassembler toutes les informations utiles et d'apporter des conseils pratiques illustrés à travers des exemples concrets, en particulier :
 - **Procédures douanières :** identifier les autorités pertinentes à contacter pour les autorisations
 - **Aides publiques à l'export :** valoriser le volet export du guide en cours de rédaction au sein du sous-groupe « Accès aux financements » du CT3 du CDC ; identifier les acteurs pertinents à contacter pour l'obtention des aides
 - **Ingénierie financière :** apporter des conseils sur la structuration du financement des opérations d'exportation incluant les éventuelles garanties publiques

Acteur leader : Business France

Autres acteurs impliqués (ingénierie financière et aides publiques) : Bpifrance (Coface), OSCI, CDC

Fiche action n°4
Utiliser la réglementation française comme un outil de pénétration des marchés étrangers

Objectif(s) :

- Diffuser et promouvoir le cadre réglementaire en place sur le territoire national auprès notamment de pays francophones afin de faire valoir à l'étranger nos compétences et notre savoir-faire pour l'ensemble des acteurs de la filière
- Information sur réglementation française
- Obtention d'une position de *leader* sur la majorité des pays francophones

Moyens à mobiliser :

- Traduction en anglais de la réglementation française existante
- Rapprochement de la DGAC avec ses homologues présents dans les pays cibles
- Partenariats locaux avec les fédérations professionnelles françaises – Aide à la mise en place de fédérations locales. *Lobbying* des utilisateurs finaux industriels
- Avec l'appui de Business France, participer à une sélection de salons/événements locaux du drone dans les pays cibles
- Étendre et faire connaître les formations sur la thématique des drones dispensées par les écoles d'ingénieurs présentes à l'étranger

Délai :

- Moyen terme

Gains attendus :

- Diffusion et reconnaissance internationale du savoir-faire français
- Leviers de développement à l'étranger pour les acteurs de la filière française du drone civil
- Progression de l'influence française
- Développement d'une voie de pénétration des marchés étrangers par l'axe de la formation

Obstacles :

- Leviers politiques et diplomatiques
- Adaptabilité de notre réglementation à des pays qui n'ont pas les mêmes exigences (les exigences différentes peuvent être sur la sûreté, sur la nationalité des opérateurs...)
- La mise en place d'une réglementation européenne rend difficile la promotion de la réglementation française
- La promotion de la réglementation française doit être effectuée de manière proactive, ce qui nécessite des ressources humaines dédiées

Description :

- Les instances gouvernementales françaises, en collaboration avec les acteurs privés structurant la filière à l'échelle nationale, doivent se rapprocher des décideurs étrangers afin de promouvoir le modèle français et d'initier un transfert de connaissances et de compétences, permettant de développer une filière locale par le biais de coopérations transnationales.
 - Rapprochement de la DGAC et de la DGE avec leurs homologues présents dans les pays cibles
- Participations à une sélection d'**événements/salons locaux du drone dans les pays cibles** pour promouvoir le système de fonctionnement français :
 - Cet événement rassemblerait l'ensemble des acteurs de la chaîne de valeur (assureurs, fabricants de capteurs et de vecteurs, développeurs d'applications de traitement de données et opérateurs)
 - But et cibles du salon :
 - Prise de contact avec les acteurs locaux par la présentation d'une offre française intégrée.
 - Susciter un besoin et éduquer à l'intérêt des drones dans les pays cibles :
 - Identifier des problématiques locales dont la solution peut impliquer l'utilisation de drones
 - Présenter des solutions mises en place avec succès en France et pouvant être transposées dans le pays cible

Acteurs leaders : ambassades locales et Business France

- Étendre et faire connaître les formations sur la thématique des drones dispensées par les écoles d'ingénieurs, notamment celles qui sont présentes à l'étranger
 - À l'étranger, faire la publicité des masters spécialisés dans le domaine du drone, même s'ils se déroulent en France

Acteurs leaders : écoles d'ingénieurs et universités

Fiche action n°5
Favoriser le développement d'une expérience reconnue du vol hors vue et sa reconnaissance au niveau international

Objectif(s) :

- Maintenir des niveaux d'exigences techniques élevés liés au vol hors vue sur certaines applications spécifiques afin de conserver une sûreté et une sécurité élevée
- Valoriser à l'international les compétences acquises
- Améliorer la lisibilité des exigences de sécurité, de sûreté

Moyens à mobiliser :

- Maintien d'un niveau d'exigences élevé pour l'obtention de l'autorisation du vol hors vue afin de limiter les risques (sécurité, sûreté)
- Communication (réf. fiche action 1)
- Identifier des problématiques locales des pays cibles dont la solution peut impliquer l'utilisation de drones en vol hors vue

Délai :

- Court terme

Gains attendus :

- Perception de la France en tant que référence pour le sujet du vol hors vue sans oublier les problématiques de livraisons par drone
- Montée en crédibilité et en reconnaissance de l'ensemble de la filière, via un créneau d'applications spécifiques

Obstacles :

- La sécurité et la sûreté des systèmes doivent pouvoir être évaluées par les autorités. Le constructeur doit donc être capable de fournir des études de sécurité relatives à chaque système (tant au niveau logiciel que matériel), ce qui rend difficile l'intégration de systèmes propriétaires sur un drone commercial et restreint le nombre de fabricants habilités à réaliser des drones destinés au vol hors vue (la capacité de réalisation d'étude de sécurité et de quasi certification n'est pas très répandue).
- Les méthodes de certification classiques aéronautiques ne sont pas maîtrisées par les PME de la filière qui innovent beaucoup (reposent plus sur les grands groupes). De plus, ces méthodes ne sont peut-être pas transposables directement aux drones : risque que les drones ainsi produits soient chers et peu évolutifs donc peu innovants. Il faut donc trouver de nouvelles méthodes qui permettent à la fois de montrer la sécurité mais à des coûts et dans des délais qui permettent au drone de rester compétitif et innovant.

Description :

- Maintien d'un niveau d'exigences élevé pour l'obtention de l'autorisation du vol hors vue afin de limiter les risques (sécurité, sûreté)
 - Inciter les autorités européennes à maintenir un niveau d'exigence en adéquation avec le risque
- Identifier des problématiques locales des pays cibles dont la solution peut impliquer l'utilisation de drones en vol hors vue
 - Présenter des solutions mises en place avec succès en France et pouvant être transposées dans le pays cible
 - Acteurs leaders : constructeurs et opérateurs
- Communication :
 - Par l'intermédiaire du site internet des opérateurs et constructeurs de vecteurs évoluant hors-vue, publiciser les missions effectuées avec succès en mode hors vue ainsi que le nombre d'heures de vol associées
 - Publier des statistiques sur les réalisations françaises afin d'optimiser l'action de la DGAC pour la filière dans les instances internationales ;
 - Agréger les données nationales d'intérêt sur le vol hors-vue et les publier sur un support centralisé, vitrine de la filière drone française (cf. fiche 1)

Acteur leader : CDC
Autres acteurs impliqués : fédérations professionnelles du drone, ANFR
- **Sûreté de fonctionnement des drones**, études à définir en fonction des décisions qui vont être prises sur ce sujet à court et moyen termes

INDEX DES ILLUSTRATIONS

Index des tableaux

Tableau 1 - Les différents cas d'application dans le domaine de l'agriculture de précision	18
Tableau 2 - Perspectives d'activité par marchés clients en France en 2015	23
Tableau 3 - Segmentation du marché français et européen en fonction des applications cibles, en 2020	24
Tableau 4 - Légende	53
Tableau 5 - Zone d'influence des différents scénarios sur les secteurs d'application	57
Tableau 6 - Principaux types d'acteurs de la filière française du drone concernés par les différents scénarios prospectifs	57
Tableau 7 - Analyse SWOT - Donneurs d'ordre	61
Tableau 8 - Analyse SWOT - Exploitants métiers	62
Tableau 9 - Analyse SWOT - Bureaux d'études, ingénieurs et mécatroniciens	63
Tableau 10 - Analyse SWOT – Grands industriels de la filière aéronautique	65
Tableau 11 - constructeurs français de drones (source constructeurs : RPAS: The Global Perspective - 13th Edition - June 2015, Blyenburg & Co)	66
Tableau 12 - Analyse SWOT - Constructeurs et charge utile	69
Tableau 13 - Analyse SWOT - opérateurs de drones	75
Tableau 14 - Normes ATEX	82
Tableau 15 - Forces et faiblesses de la R & D française	85
Tableau 16 - Principaux programmes d'aide et d'accompagnement financier au développement à l'export	96
Tableau 17 - Classement des 50 pays ayant les PIB les plus élevés dans le monde, par ordre décroissant, plus 5 autres pays (Source : Banque Mondiale, 2014)	98
Tableau 18 - critères de notation relatifs à la taille des marchés d'application	100
Tableau 19 - critères de notation relatifs à l'intensité concurrentielle et à l'environnement	101
Tableau 20 - Détail des notations	102
Tableau 21 : Caractéristiques des 500 premiers drones autorisés par l'exemption 333	110
Tableau 22 - Analyse SWOT - États-Unis	112
Tableau 23 - Analyse SWOT – Allemagne	118
Tableau 24 - Analyse SWOT – Espagne	124
Tableau 25 - analyse SWOT – Maroc	128
Tableau 26 - Analyse SWOT – Inde	134
Tableau 27 - Estimation de la pénétration du marché de technologies reliées à l'agriculture	139
Tableau 28 - Associations et institutions pertinentes dans le secteur du machinisme agricole	140
Tableau 29 - Opportunités et menaces concernant la pérennisation de la présence des acteurs français du drone dans le secteur de l'agriculture	142
Tableau 30 - Importance des marchés mondiaux de la sécurité intérieure et civile en 2020	143
Tableau 31 - Neuf technologies qui domineront le marché de la sécurité intérieure et civile en 2020	144
Tableau 32 - Indicateurs sociaux liés à l'implémentation de drones dans le domaine de la sécurité	144
Tableau 33 - Opportunités et menaces concernant la pérennisation de la présence des acteurs français du drone dans le secteur de l'agriculture	146
Tableau 34 - Classement des pays cibles selon leur attractivité pour des investissements dans le domaine des infrastructures	149
Tableau 35 - Investissements prévus dans le domaine des infrastructures ferroviaires entre 2000 et 2030, en milliards de dollars	149
Tableau 36 - Qualité du réseau électrique par pays (1: plus faible que dans la majorité des pays ; 7: conforme aux standards les plus élevés)	150
Tableau 37 - Capacité éolienne installée (Giga Watts) par pays en 2015 et 2030	150
Tableau 38 - Opportunités et menaces concernant la pérennisation de la présence des acteurs français du drone dans le secteur de l'inspection	152
Tableau 39 - Programmes de soutien financier à l'export, par région	174

Index des figures

Figure 1 - Répartition du marché des drones civils à l'horizon 2020, dans le monde	21
Figure 2 - Indicateurs clés de la croissance du marché du drone civil en France entre 2013 et 2015	22
Figure 3 - Répartition des applications des drones civils en France en 2014 et 2020	23
Figure 4 - Les trois piliers de l'intégration des drones dans l'espace aérien	26
Figure 5 - Catégorisation des opérations par drones proposée par l'AESA	27
Figure 6 - Les différents scénarios d'utilisation selon la réglementation française	29
Figure 7 - Les différentes composantes pour la configuration d'un système drone	35
Figure 8 - Maturité des briques technologiques associées aux systèmes de drone	36
Figure 9 - Chaîne de valeur de la filière drones (séquençement des opérations vers la délivrance du service)	42
Figure 10 - Paysage industriel mondial des principaux acteurs du drone, en 2014	44
Figure 11 - Construction d'une matrice criticité – rayon d'action	51
Figure 12 - Positionnement indicatif des différents scénarios vis à vis des secteurs d'application considérés	52
Figure 13 - Zone d'influence du scénario 1	54
Figure 14: Zone d'influence du scénario 2	55
Figure 15 - Zone d'influence du scénario 3	55
Figure 16 - Zone d'influence des trois scénarios prospectifs	56
Figure 17 - Ecosystème des drones	59
Figure 18 - nombre de constructeurs et de modèles français par taille de drone (données issues de RPAS: The Global Perspective - 13th Edition - June 2015, Blyenburg & Co)	67
Figure 19 - nombre de constructeurs français en fonction du type de voilure, par taille de drones (données issues de RPAS: The Global Perspective - 13th Edition - June 2015, Blyenburg & Co)	67
Figure 20 - Nombre d'exploitants en activités particulières par catégorie de drone utilisé (Analyse effectuée à partir de données DGAC)	71
Figure 21 - Nombre d'exploitants en activités particulières selon le type de construction du drone utilisé (Analyse effectuée à partir de données DGAC)	72
Figure 22 - Nombre d'exploitants en activités particulières par scénario (Analyse effectuée à partir de données DGAC)	73
Figure 23 - Nombre d'exploitants en activités particulières pour les applications OBS (activités d'observation et surveillance aérienne, photographie ou relevés) et FOR OBS (formation à l'activité OBS), Analyse effectuée à partir de données DGAC	73
Figure 24 - Nombre d'exploitants en activités particulières par application, hors observation (Analyse effectuée à partir de données DGAC)	74
Figure 25 - Cartographie des principaux partenaires public-privés liés aux drones possédant une forte dimension locale	79
Figure 26 - Répartition des effectifs en France dans les sociétés membres du GIFAS en 2014	79
Figure 27 - Projet LLRTM	83
Figure 28 - Diffusion de la collecte d'information au travers des différentes filières	87
Figure 29 - Représentation schématique des différents leviers de financement et d'accompagnement à l'export	95
Figure 30 - Outil d'analyse pour l'élaboration de typologies de pays	97
Figure 31 - Résultats – Constitution de grandes typologies de pays	103
Figure 32 - Résultats – Pays sélectionnés pour l'analyse détaillée	104
Figure 33 - Intégration des drones dans l'espace aérien national	107
Figure 34 - Cartographie des projets de recherche concernant l'utilisation de drones dans l'agriculture	108
Figure 35 - Répartition par région du nombre d'autorisations en 2013.	114
Figure 36 - Schéma de fonctionnement du produit Flyt de Navstik	132
Figure 37 - Différentes stratégies de pénétration du marché indien	134
Figure 38 - Estimation du niveau de mécanisation par pays en 2013 (niveau de mécanisation croissant de 1 à 12)	137
Figure 39 - Estimation du niveau de mécanisation par pays à l'horizon 2023 (échelle de mécanisation croissante de 1 à 12)	138
Figure 40 - Estimation du niveau de mécanisation par pays à l'horizon 2033 (échelle de mécanisation croissante de 1 à 12)	138
Figure 41 - Partenaires internationaux d'Arvalis - Institut du végétal	141
Figure 42 - Évolution du marché mondial de la sécurité intérieure et civile, en milliards de dollars US	143
Figure 43 - Index 2016 de l'attractivité à long terme des pays pour des investissements dans les infrastructures	148
Figure 44 - Echancier de l'étude	167

Figure 45 - Niveau de mécanisation par pays	176
Figure 46 - Niveau du nombre d'agents et de policiers pour 100 000 habitants (2012)	177
Figure 47 - Niveau de criminalité perçu dans la société (2012)	177
Figure 48 - Niveau de capacité et de sophistication militaire (2012)	178
Figure 49 - Niveau de probabilité de manifestations violentes (2012)	178

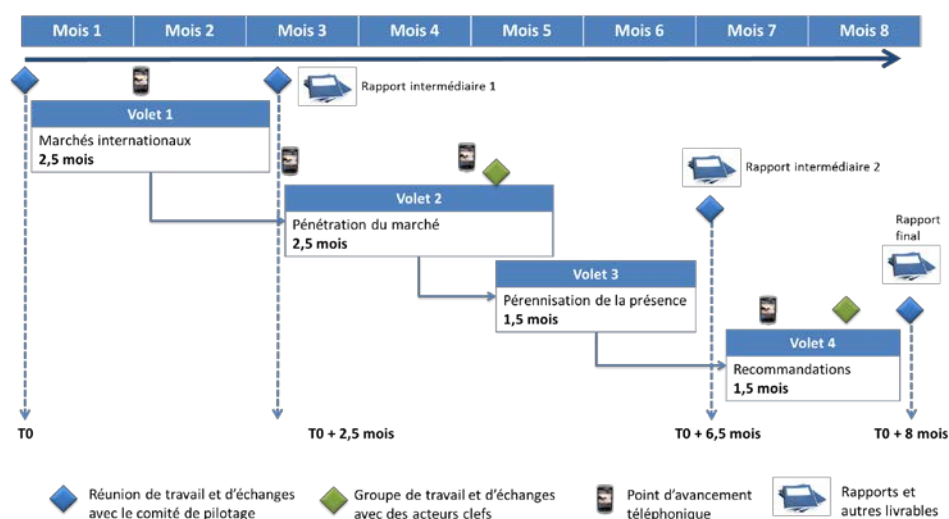
ANNEXES

Phasage et méthodologie

La mission a été réalisée en quatre phases distinctes (ou volets), portant sur une période de dix mois, de septembre 2015 à juin 2016 :

1. Le volet 1 a porté sur l'identification des marchés internationaux
2. Le volet 2 a eu pour objet la pénétration du marché international des drones civils
3. Le volet 3 a porté sur la pérennisation de la présence française sur le marché international des drones civils
4. Le volet 4 a permis de formuler les préconisations nécessaires et recommandations à la filière auprès des entreprises et acteurs publics

Figure 44 - Echancier de l'étude



Retour sur les travaux effectués

La démarche d'accompagnement du consortium Tech2Market – Onéra a consisté en la réalisation d'une étude documentaire combinée à la réalisation de consultations d'acteurs permettant d'obtenir des éléments quantitatifs et qualitatifs aussi bien sur des aspects microéconomiques et macroéconomiques que sur des aspects technologiques associés aux segments de marché d'application de la filière française des drones.

Les moyens mis en œuvre pour la bonne réalisation de la mission ont porté sur :

- La tenue de trois réunions de travail et d'échanges avec le comité de suivi au sein des bureaux de la DGAC :
 - Réunion de démarrage le 28/08/15 ;
 - Comité de suivi le 03/11/2015 ;
 - Comité de suivi le 08/03/2015 ;
- La participation à une réunion de travail et d'échanges avec le Conseil pour les drones civils SG3 – CT3
 - Réunion le 20/10/2015 ;
- Une analyse documentaire approfondie du secteur, en France et à l'international, basée sur l'analyse de bases de données et statistiques ;
- La couverture de quatre salons professionnels dédiés à la thématique des drones, à savoir :
 - Le Commercial UAV Expo Las Vegas du 5 au 7 octobre 2015
 - Le Unmanned Global Systems à Bordeaux les 14 et 15 octobre 2015

- Le Commercial UAV Show à Londres les 20 et 21 octobre 2015
- Le International Conference on RPAS related Technologies à Paris les 5 et 6 novembre 2015
- La réalisation de 36 consultations de professionnels et d'experts de la filière, en France et à l'international
- La réalisation d'ateliers prospectifs le 8 mars 2016 à Bercy, impliquant différents acteurs de la filière
 - Évaluation de l'impact des différents scénarios prospectifs envisagés sur leurs activités respectives à l'horizon 2030
- La réalisation d'un atelier de recommandations le 3 mai 2016 à Bercy, impliquant différents acteurs de la filière
 - Échanges sur les recommandations proposées afin d'en tirer les recommandations définitives
- La réalisation de quatre **consultations auprès des membres de la DGAC** :

Structure	Nom	Fonction
DGAC – DSNA/ME	René ZANNI	IAC
DGAC	Muriel PREUX	Directrice du projet drone à la MALGH
DGAC – DTI	Catherine RONFLE NADAUD	DSNA/DTI RPAS Program Manager
DSAC	Arnaud GRUT	Adjoint au chef de pôle Opérations hélicoptères et travail aérien

- La réalisation de huit **consultations d'industriels français** :

Structure	Nom	Fonction
Air Marine	Vincent FOURNIER	Directeur opérations et développements
EDF	Coline BROTHIER	Chargée d'affaires
Elistair	Adeline PENET	Sales representative & Business developer
Joztech	Michel PREVOST	Président
Parrot	Yannick LEVY	Executive VP Corporate Business Development
R & Drones	Marco CALCAMUGGI	Dirigeant et fondateur
SNCF	Oulimata DIA	Project Manager, Pôle Drone
STAR Engineering	Pierre-Laurent BORRAS	Directeur industriel

- La réalisation de six **consultations d'experts de la filière et de l'international** :

Structure	Nom	Fonction
Aerospace Valley	Franck LEPECQ	Délégué aux projets R & T Maintenance, Drones et Télécom
Astech	Claude TRIBOUT	Président
FPDC	Jean-Philippe BONHOMME	Chargé d'affaires
Pôle Pégase	Hubert BERENGER	Responsable du DAS Nouveaux Services Aériens

SEJAR JU	Denis KOEHL	Senior Advisor
UVS International	Peter VAN BLYENBURGH	Président

- La réalisation de douze consultations **d'experts et industriels présents à l'étranger** :

Structure	Nom	Fonction
AERPAS	Manuel ONATE	Président
AFD Inde	Nicolas FORNAGE	Directeur régional AFD Asie du Sud
Ambassade de France en Inde	Rupert SALMON	Conseiller Aéronautique et aviation civile
ATLAS	Anastasio SANCHEZ BERNAL	Directeur du programme ATLAS
Business France	Nicolas SESTIER	Chef de projet filière Protection & Sécurité
Business France Allemagne	Felix GARTEN-CUEZVA	Chargé de développement Aéronautique & spatial, service Industries & Cleantech
Business France Chine	Philippe BARDOL	Directeur zone Chine
Business France Maroc	Raphaëlle GROUX-MONVOISIN	Responsable des études et des produits éditoriaux, pôle CFCIM-BUSINESS France - MAROC
CATEC	Antidio VIGURA	Responsable UAV
Drone Agricole	Amaury DESOMBRE	Président
Drone Maroc	M'hamed Tarek BENKHMIS	Président

- La réalisation de huit **consultations pour la validation des pays ciblés** :

Structure	Nom	Fonction
Aetos	Jean-Marc GROLLEAU	Responsable du <i>cluster</i>
Airbus DS	Patrick OSWALD	Directeur des relations publiques
Dassault Aviation	Henri MICHEL	Directeur de la prospective
Parrot	Yannick LEVY	Responsable développement international
Sagem	Guillaume THIN	Directeur de Programme
Thalès	Joseph HUYSSSEUNE	Director Strategy and Partnerships
	Vincent MAURIN	Design Authority Military Avionics
	Olivier HIERNAUX	Responsable des projets amont
	Pascal SECRETIN	Responsable commercial

Mécanismes et leviers de financement disponibles à l'échelle nationale

Se structurer

Aide au partenariat technologique (Bpifrance)

Avec pour objectif d'accompagner la préparation d'un partenariat technologique et ainsi faciliter la participation des PME à des projets collaboratifs nationaux ou transnationaux, l'APT accompagne les entreprises et organismes professionnels ou de recherche possédant un effectif jusqu'à 2 000 personnes.

Ce dispositif permet de couvrir l'ensemble des dépenses occasionnées en amont d'un partenariat, dans la phase de faisabilité d'un projet. Cela couvre ainsi les étapes d'étude de faisabilité stratégique et des conditions de réussite, la recherche de partenaires, la préparation des réponses aux appels à projet et des accords juridiques de consortium. La subvention est plafonnée à 50 k€, avec pour montant éligible jusqu'à 50 % des dépenses retenues par Bpifrance.

Aide pour la faisabilité de l'innovation (Bpifrance)

L'aide pour la faisabilité de l'innovation concerne les PME et entreprises de moins de 2 000 salariés, et vise à inciter à innover en aidant à la mise en place des études de faisabilité et de l'intégration des compétences. Les dépenses éligibles concernent des études d'évaluation et d'analyse du potentiel d'un projet, précisant ses perspectives et ses risques, ainsi que les ressources nécessaires à sa mise en œuvre. Les dépenses éligibles couvrent également des sujets comme la conception, la définition, et la planification du projet ainsi que la validation de la faisabilité technico-économique, la veille et le positionnement stratégique. L'aide se matérialise sous la forme d'une participation au financement de l'étude sous forme de subvention ou d'avance récupérable plafonnée à 50 % des dépenses retenues.

Prospecter

Les Plans de développement international régionaux

Les régions soutiennent les entreprises *via* les opérateurs économiques régionaux afin de soutenir la participation des entreprises à certaines manifestations internationales. Des actions collectives sont organisées afin de développer l'accès aux marchés publics internationaux et européens, et d'accompagner les opérations de logistique complexe.

À destination des membres de certains *clusters* ou pôles de compétitivité, ce programme vise à soutenir le développement international des membres par le financement de formations et d'actions collectives à l'international, comme la présence sur des salons internationaux.

L'Assurance Prospection Premiers Pas (A3P – Coface)

Cette assurance permet d'accompagner les TPE et les PME dans leurs premières démarches de prospection des marchés étrangers : soutien de trésorerie et assurance contre la perte subie en cas d'échec commercial à hauteur de 10 % du chiffre d'affaires à l'export.

Les entreprises bénéficiaires de l'A3P doivent pouvoir présenter un bilan avec un CA de moins de 50 M€, avec une activité à l'export inférieure à 200 k€ (ou inférieure à 10 % du CA).

Les conditions d'application sont les suivantes :

- Budget garanti plafonné à 10 % du CA dans une limite de 30 k€
- Quotité garantie de 65 %
- Taux d'amortissement de 10 %
- Prime de 4 % sur les dépenses prises en compte

Il est possible de bénéficier de deux contrats d'assurance sur des années civiles différentes. Le versement de l'indemnité est possible à tout moment durant la 1^{ère} année, et le remboursement de l'indemnité peut avoir lieu à l'issue du 3^e exercice fiscal, sur la base du montant du CA Export réalisé pendant la durée du contrat.

L'Assurance Prospection (Coface)

L'objectif de cette assurance est d'accompagner les entreprises dans leurs démarches de prospection des marchés étrangers. Il s'agit ici d'une assurance contre la perte subie en cas d'échec commercial et d'un soutien de trésorerie.

Sont éligibles les entreprises capables de présenter au moins un bilan, avec un CA inférieur ou égal à 500 M€ et possédant des capitaux propres positifs. Sont alors couvertes toutes les dépenses de prospection non récurrentes.

La période de garantie s'étend de un à quatre ans. L'entreprise perçoit à la fin de chaque année une indemnité correspondant à 65 % des dépenses engagées non amorties par un CA (avec un taux d'amortissement de 7 % [ventes de produits], 14 % [prestations de services] ou 30 % [royalties/redevances] du CA à l'export concerné). La période d'amortissement conditionne les remboursements d'indemnités versées en fonction des recettes réalisées sur la zone prospectée. Pour un CA compris entre 1,5 M€ et 500 M€, le financement des dépenses associées à l'AP est effectué à 100 % ou 80 % par une banque.

L'Avance Prospection (Coface)

Cette avance vient apporter un complément à l'assurance prospection afin de permettre aux entreprises de faire financer par leur banque les dépenses couvertes dans le cadre d'un contrat d'assurance prospection.

Les bénéficiaires sont les entreprises françaises dont le CA est compris entre 1,5 M€ et 500 M€, ainsi que les établissements bancaires associés.

La garantie porte sur un financement annuel, adossé au montant du budget garanti au titre de l'assurance prospection délivrée à l'entreprise. L'Avance Prospection est accordée à hauteur de 100 % des dépenses si le budget annuel garanti est inférieur ou égal à 100 k€, et à 80 % pour un budget supérieur. Son renouvellement est possible en cas de poursuite de la période de garantie du contrat d'assurance prospection.

Gamme « Communication » (Business France)

Pour les outils de relations presse, de promotion commerciale et d'e-business pour gagner en visibilité et en notoriété afin d'atteindre les décideurs étrangers, Business France apporte son soutien par le financement de dépenses cibles et d'actions soutenues sur un large panel d'outils de communication (presse, rendez-vous, *networking*, présentation et promotion, vitrine...) pour les entreprises françaises.

Programme France Export (Business France)

Agenda de référence de l'exportateur qui consolide 500 manifestations collectives à l'étranger par an, ce programme rassemble l'ensemble des opérations subventionnées par les pouvoirs publics en phase avec les priorités de marché et de l'offre française, et pilotées par les principaux partenaires de l'Equipe de France de l'Export : Business France, CCI en France et à l'étranger, ADEPTA, SOPEXA, et les opérateurs bénéficiant du label France.

À destination des PME françaises, ce programme permet une allocation dynamique de la subvention modulée en fonction des zones géographiques afin de favoriser le grand export, et concentrée sur les trois premières participations à un salon pour ancrer à l'export les sociétés participantes et permettre l'accès à de nouveaux exposants.

Exporter

Garantie des préfinancements (Coface)

Ce dispositif permet de couvrir les banques françaises et filiales, ou succursales de banques étrangères installées en France contre le risque de défaillance financière du préfinancement (en cas de non-remboursement du crédit de préfinancement) à hauteur de 80 % pour les entreprises générant un chiffre d'affaires inférieur à 150 M€, et 50 % pour les autres.

Garantie des cautions (Coface)

La garantie des cautions assure à l'émetteur (en cas d'appel de la caution par l'acheteur étranger) contre le risque de défaillance financière de l'exportateur en situation d'insolvabilité judiciaire jusqu'à de 80 % pour les entreprises générant un chiffre d'affaires inférieur à 150 M€, et 50 % pour les autres.

Tous les types d'engagement de cautions (hors caution d'*offset*) liés à un contrat d'exportation sont éligibles.

Garantie des engagements bancaires sur crédits investissements (Bpifrance)

Cette garantie cherche à limiter le risque des banques dans les crédits destinés à financer les investissements de développement à l'international à hauteur de 60 % des dépenses. Il est destiné aux TPE/PME, au travers de leur banque, et la garantie concerne un prêt ou crédit-bail octroyé par une banque pour :

- Le développement en France de la capacité export de la PME (investissements matériels, immobiliers ou immatériels)
- La croissance des besoins en fonds de roulement
- La prise de participation minoritaire ou majoritaire à l'étranger
- La caution apportée par une banque française à une banque étrangère pour concours court terme ou moyen/long terme

Prêt croissance international (Bpifrance)

Ce prêt vise à financer des investissements de développement à l'international pour les PME et ETI actives depuis plus de trois ans. Il permet de financer les investissements immatériels divers, les investissements corporels à faible valeur de gage, et les acquisitions de participations minoritaires ou majoritaires pour une croissance externe.

Il s'agit d'un prêt accordé sur sept ans, avec différé d'amortissement capital de 24 mois. Le montant accordé s'échelonne de 30 k€ à 5 M€ (jusqu'à 150 k€ pour Bpifrance seule, et au-delà en partage égalitaire de la prise de risque avec une banque).

Avance + Export (Bpifrance)

À destination des PME et ETI, il s'agit ici d'une avance de trésorerie pour la mobilisation des créances clients nées à l'export, dans l'attente du règlement des factures export. L'autorisation de crédit confirmée est établie en fonction des volumes et délais de règlement des créances à financer sous réserve que celles-ci entrent dans le périmètre de la police assurance-crédit. L'autorisation minimum est de 150 k€ et est versée sur le compte bancaire de l'entreprise, pour une durée usuelle d'un an.

Crédit Acheteur (Bpifrance)

Lors de l'acquisition de biens d'équipement ou de prestations de services par un acheteur étranger auprès d'un exportateur français (PME ou ETI), ce dispositif permet d'obtenir un crédit (85 % maximum de la part non réalisée localement) du contrat commercial.

À destination d'une entité implantée dans un pays étranger, le contrat doit prévoir le paiement au comptant d'un acompte d'au moins 15 %, et les montants doivent se situer dans la fourchette de 5 M€ à 25 M€, pour une durée de remboursement de trois à douze ans.

Rachat de crédit fournisseur

L'exportateur français (PME ou ETI), lors de l'acquisition de biens d'équipement ou de prestations de services par un acheteur étranger, peut bénéficier d'une convention de rachat du crédit accordé par l'exportateur français à son client étranger.

Les montants doivent s'inscrire dans la fourchette de 1 à 25 M€, pour une durée de remboursement de trois à sept ans à compter de la livraison.

Recruter

V.I.E. Volontariat International en Entreprise (Business France)

Porté par Business France, il s'agit ici de confier une mission professionnelle à un jeune européen de 18 à 28 ans pour une durée variant de 6 à 24 mois. Peuvent être bénéficiaires les entreprises françaises ayant un projet de développement à l'export.

Le dispositif permet la contractualisation d'un contrat avec Business France, qui est en charge de la gestion du contrat de mission professionnelle, avec une indemnité forfaitaire mensuelle de 1 300 à 3 900 € selon le pays (exempte de cotisations et non imposable en France), et des frais de gestion et de protection sociale de 220 à 430 € selon le CA de l'entreprise.

Le dispositif présente l'avantage d'une exonération des cotisations sociales, et de la gestion administrative et juridique déléguée à Business France, sachant que le budget d'un VIE est intégrable à une assurance prospection (AP), à un crédit d'impôt, ou à un prêt export.

Crédit impôt dépenses de prospection commerciale

Sous la direction de la préfecture régionale, ce crédit d'impôt cherche à inciter les PME à prospecter les marchés extérieurs et à recruter du personnel dédié à l'export. Peuvent être bénéficiaires les PME françaises dont le capital est libéré et détenu à 75 % au moins par des personnes physiques ou une société répondant aux mêmes critères qui recrute une personne dédiée à l'export ou un VIE.

Le crédit permet de couvrir 50 % des dépenses éligibles, plafonnées à 40 k€ sur les 24 mois qui suivent le recrutement pour une PME, et de 80 k€ pour les associations et GIE.

Exonération de l'impôt sur le revenu à partir de 120 jours à l'étranger

Afin d'inciter les salariés à la mobilité pour prospecter à l'étranger, ce dispositif permet de bénéficier d'une exonération d'impôt sur la part de salaire correspondant au temps passé à l'étranger.

Peuvent être bénéficiaires toutes personnes fiscalement domiciliées en France, salariées d'un employeur établi en France, justifiant d'une activité à l'étranger d'une durée supérieure à 120 jours au cours d'une période de 12 mois consécutifs afin de développer l'activité d'exportation de l'entreprise.

S'implanter

Assurance des investissements à l'étranger

Cette assurance vise à favoriser les investissements français à l'étranger en les protégeant contre les risques politiques. Peuvent être bénéficiaires toutes les entreprises réalisant un investissement durable (trois à vingt ans) dans une société nouvelle ou existante. Les banques associées au projet d'investissement peuvent également être couvertes.

La garantie octroyée concerne l'atteinte à la propriété et le non-recouvrement, en cas d'actes volontaires du pays étranger, de violence politique, ou de non-transfert.

Garantie de projets à l'international (GPI – Bpifrance)

Cette garantie vise à limiter le risque d'échec économique dans l'investissement de filiales à l'étranger qui restent détenues majoritairement. À destination des entreprises françaises réalisant jusqu'à 460 M€ de CA, la garantie implique les apports en fonds propres selon trois modes opératoires :

- La création ou le renforcement d'une filiale à l'étranger
- Le passage à une position majoritaire dans la filiale étrangère
- Une croissance externe à l'étranger

La garantie est délivrée pour une période de trois à sept ans, pour une quotité garantie de 50 % du montant de l'apport en fonds propres jusqu'à un total de 1,5 M€.

Les outils régionaux de soutien financier à l'export

À côté de l'ensemble des dispositifs nationaux cités précédemment, des initiatives sont menées à des échelles régionales afin de promouvoir le développement des écosystèmes locaux. Sont présentés ci-dessous les principaux programmes existants²⁴⁸, par région, généralement portés par les CCI International régionales, ou les Agences régionales de développement et d'innovation.

Tableau 39 - Programmes de soutien financier à l'export, par région

Région	Programme	Descriptif / Objectifs
Aquitaine	Pass' export	Aider les entreprises aquitaines réalisant moins de 10 % de leur CA à l'export ou ne présentant pas de stratégie clairement définie à l'international dans leur première approche des marchés étrangers en les encourageant à structurer leur démarche export
	Stratégie export	Aider les entreprises présentant une stratégie de développement à l'international pour consolider leurs marchés, se réorienter ou approcher de nouveaux marchés, recourir à des compétences et prestataires externes pour se structurer, optimiser l'organisation de leur service export-international
Basse-Normandie	APPEX Individuel	Favoriser l'exportation des entreprises bas-normandes en accordant un appui financier sous-forme de subvention à la mise en œuvre des actions de prospection
Bourgogne	Contrat de croissance – Volet export	Professionnaliser l'approche des entreprises initiant une nouvelle démarche à l'export par le conseil, le recrutement d'une personne dédiée à l'export, ou la prospection
Bretagne	Contrat de développement international	Accompagner les investissements à l'international et la prospection des marchés export des entreprises par la mise en place d'un dispositif d'accompagnement financier
Centre	Cap développement – Volet international	Accompagner le déploiement d'une stratégie export et soutenir des programmes de développement sur une durée de deux à trois ans
Champagne-Ardenne	Aide à l'export des PME régionales	Accompagner les PME dans leur développement sur les marchés à l'étranger
Franche-Comté	Aide au développement international	Encourage les PME-PMI à se développer à l'international en les accompagnant sur les marchés étrangers dans le cadre d'un plan d'action stratégique à moyen terme. Une attention particulière est portée aux entreprises faiblement exportatrices
Haute-Normandie	Aide régionale au développement export	Garantir ou conforter une stratégie de développement à l'export sur trois ans
Île-de-France	Team Export Hauts-de-Seine	Prise en charge financière pour de la prestation
Languedoc-Roussillon	Programme ASTREE	Aider les entreprises à exporter en accompagnant les projets structurés des entreprises à l'international
Limousin	Aide au conseil (Diag'Inter – Valid'Export)	Renforcer les capacités stratégiques des PME par le recours à des compétences externes ; optimiser la structuration et l'organisation de l'entreprise pour faciliter son développement

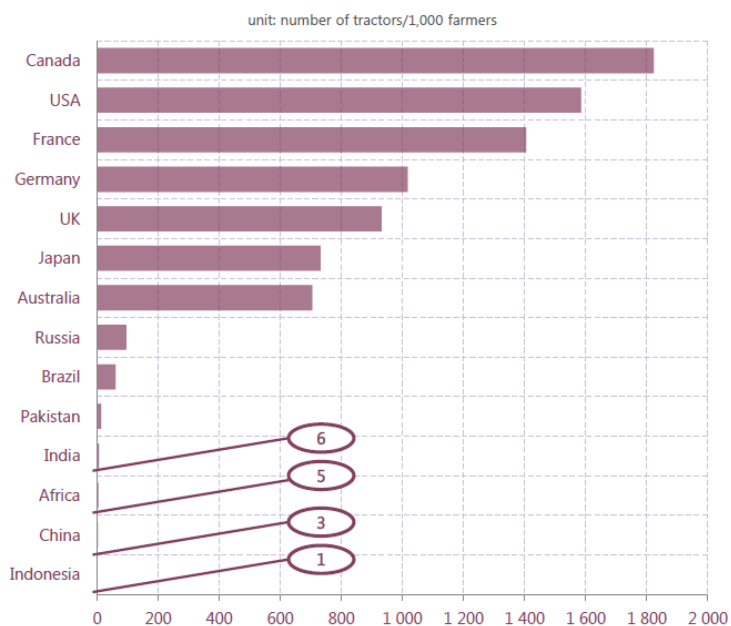
²⁴⁸ Pour plus de détails, consulter http://export.businessfrance.fr/NOM_DE_LA_REGION/aides.html

Région	Programme	Descriptif / Objectifs
Lorraine	Éco-Lorraine international – Aide individuelle	Permettre aux entreprises lorraines de recourir à des conseils externes dans le cadre de projets de développement à l'international ; favoriser l'internationalisation des PME-PMI lorraines ; favoriser la structuration des services export des entreprises lorraines pour renforcer leur développement à l'international
Midi-Pyrénées	Contrat d'appui export	Accompagner les PME et ETI dans une stratégie globale de développement à l'export
Nord - Pas-de-Calais	Éval'Export	Financer un diagnostic permettant d'évaluer le potentiel des PME à se développer à l'international
PACA	Contrat de développement pour l'emploi	Soutenir les PME membres des PRIDES (Pôles régionaux d'innovation et de développement économique solidaire) porteuses d'un plan de développement global générateur d'emploi
Pays de la Loire	Fonds régional d'aide au conseil – Secteur industrie	Soutenir l'effort de réflexion des entreprises industrielles à des moments particuliers de leur fonctionnement ou de leur développement
Picardie	Contrat d'appui et de développement des entreprises	Permettre aux entreprises d'avoir recours à des prestations de cabinets-conseils à un moment important de leur développement, ou pour renforcer leur compétitivité face aux entreprises étrangères et les accompagner dans la conquête de nouveaux marchés
Poitou-Charentes	Contrat d'accompagnement à la stratégie internationale – Volet individuel	Favoriser l'ouverture et la structuration des entreprises à l'international par des aides individuelles
Rhône-Alpes	Go Export	Structurer la démarche export dans l'objectif d'un développement durable des ventes à l'international grâce à des prestations de conseil pour la structuration du projet d'entreprise
	iDécllic Stratégie internationale	Financement du recrutement d'un cadre ou appel à un cabinet de conseil pour la mise en œuvre d'une stratégie à l'export

Analyse par pays

Figure 45 - Niveau de mécanisation par pays

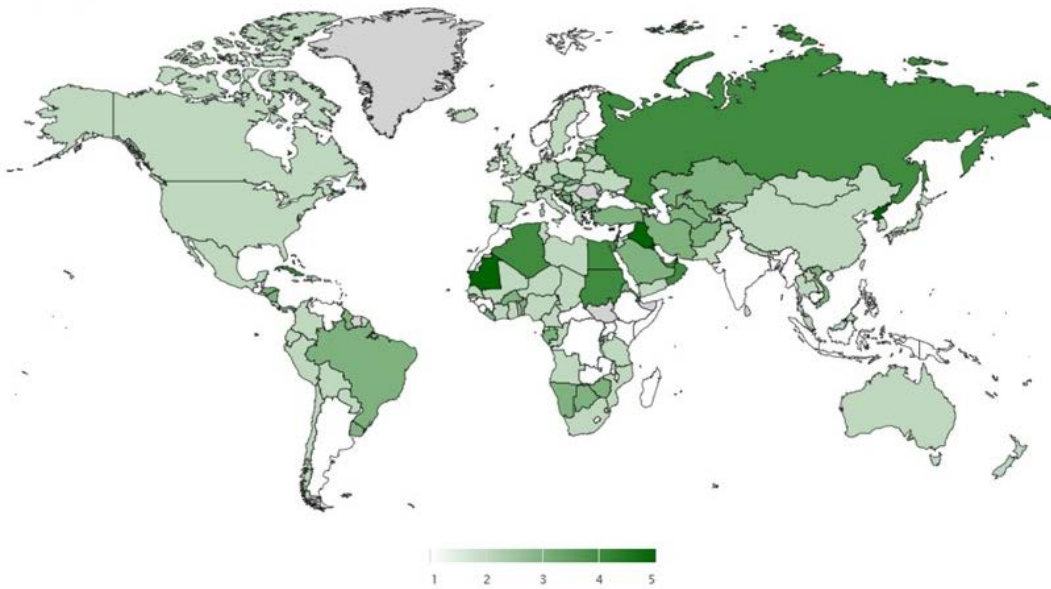
Mechanisation level by country (2013)



Source: Xerfi Global with Fourth World Summit on Agriculture Machinery reports

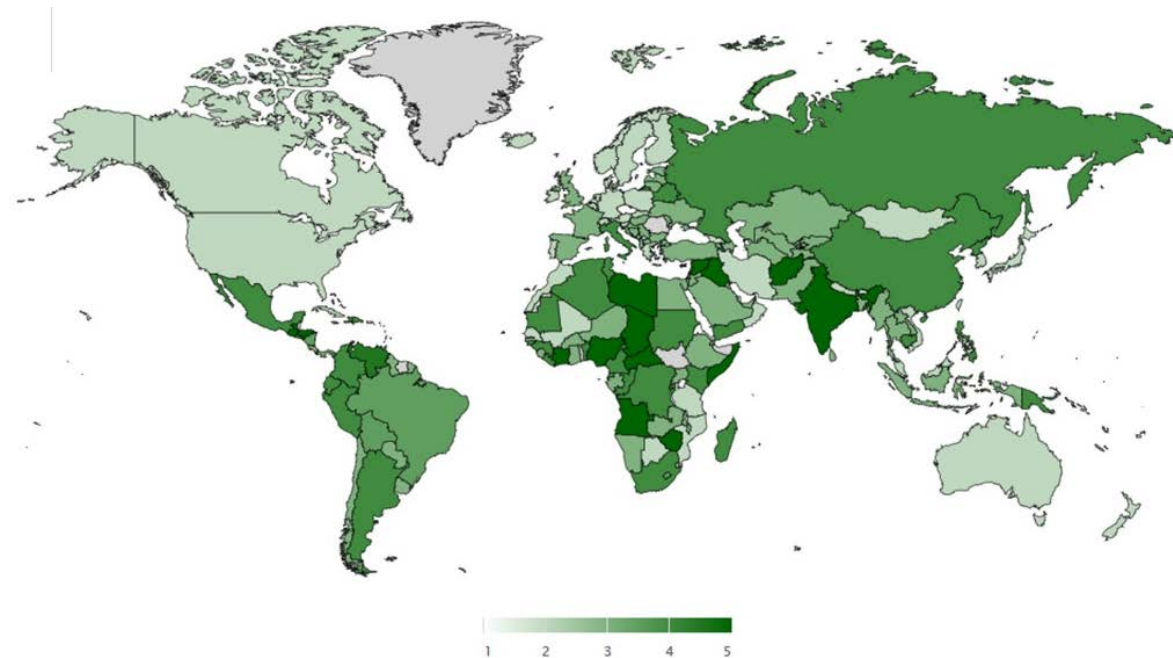
Pérennisation de la présence française sur les marchés d'exportation

Figure 46 - Niveau du nombre d'agents et de policiers pour 100 000 habitants (2012)²⁴⁹



Perspective monde, date de consultation: 22/8/2016, sources: Global Peace Index, Highcharts.com [map], coordonnées géographiques: © Natural Earth

Figure 47 - Niveau de criminalité perçue dans la société (2012)²⁵⁰

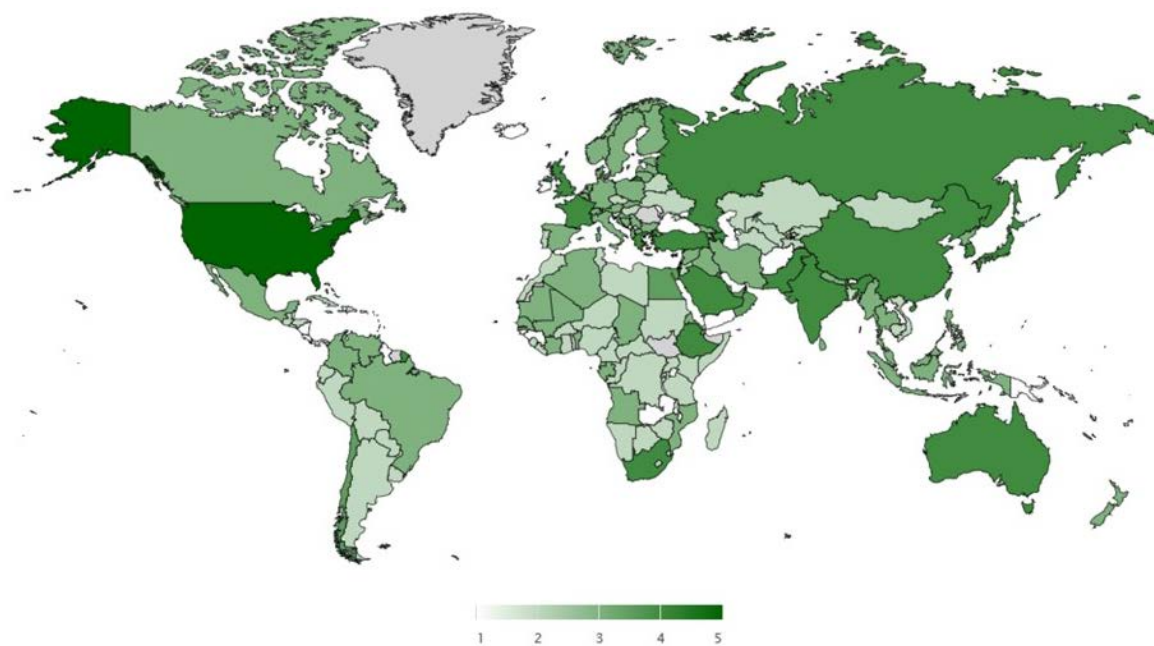


Perspective monde, date de consultation: 22/8/2016, sources: Global Peace Index, Highcharts.com [map], coordonnées géographiques: © Natural Earth

²⁴⁹ <http://perspective.usherbrooke.ca>

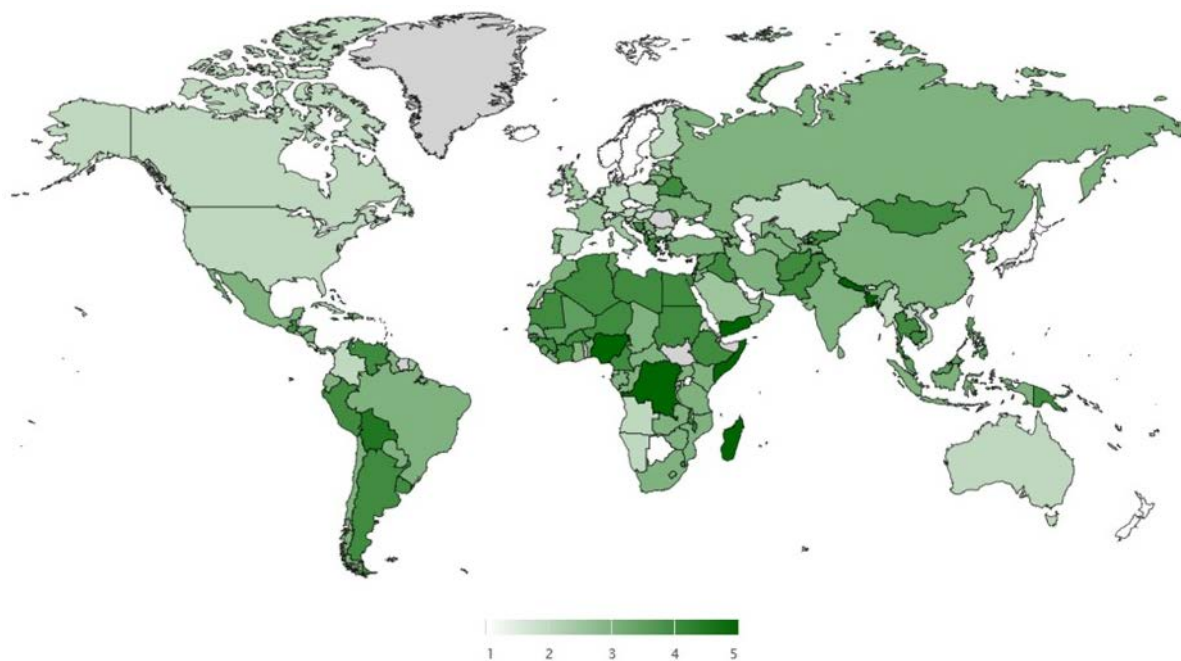
²⁵⁰ *Idem.*

Figure 48 - Niveau de capacité et de sophistication militaire (2012)²⁵¹



Perspective monde, date de consultation: 22/8/2016, sources: Global Peace Index, Highcharts.com [map], coordonnées géographiques: © Natural Earth

Figure 49 - Niveau de probabilité de manifestations violentes (2012)²⁵²



Perspective monde, date de consultation: 22/8/2016, sources: Global Peace Index, Highcharts.com [map], coordonnées géographiques: © Natural Earth

²⁵¹ <http://perspective.usherbrooke.ca>

²⁵² *Idem.*

BIBLIOGRAPHIE

- Global Commercial Drones Market, Grandviewresearch, août 2015
- The Future of the Civil and Military UAV Market, Frost & Sullivan, 28 juin 2011
- UAV Drones Market by Type (Fixed Wing, Rotary Blade, Nano, Hybrid), Application (Law Enforcement, Precision Agriculture, Media and Entertainment, Retail), & Geography (Americas, Europe, APAC, RoW) - Analysis & Forecast to 2020, MarketsAndMarkets, février 2015
- Etude de la structuration de la filière drones par les usages, Conseil pour les drones civils – Comité Soutien & Promotion, Réunion du 13 avril 2015
- The Economic Impact of unmanned aircraft systems integration in the united states – AUVSI, march 2013
- Civil Drones in Society, Societal and Ethics Aspects of Remotely Piloted Aircraft Systems – JRC Science and Policy Reports, Philip Boucher, 2014
- In Commercial Drones, The Race Is On, Aviation’s fastest-growing sector outpaces US regulators – Olivier Wyman, 2015
- Drones for Europe – Brief Issue, Andre Gilli, septembre 2013
- The French RPAS Regulation, ICAO RPAS Symposium – DGAC, Fabien Guillotin, 23 mars 2015
- Human rights implications of the usage of drones and unmanned robots in warfare – Directorate general for external policies, Policy Department, European Parliament, 2013
- Game of drones : quelle place pour le développement durable dans les applications civiles ? – Mirova Responsible Investing, Louise Schreiber / Emmanuelle Ostiari, 20 mai 2014
- RPAS Activities in Europe – UAS ATM Integration Manager, Mike Lissone, 22 avril 2013
- Présent et futur des drones civils – A3F, 2015
- Remotely Piloted Aircraft System (RPAS) Manual – (Doc 10 019) – ICAO March 2015.
- Présent et futur des drones civils, AAE et 3AF, 2015
- Defense firms find commercial foothold, InsideUnmannedSystems, september 2015
- Les drones civils professionnels, EnTouteSécurité & FPDC, 2015
- Le marché des drones civils, Xerfi, septembre 2015
- Aviation’s fastest growing sector outpaces US regulators, Oliver Wyman, 2015
- Unmanned Aircraft Systems, <http://www.faa.gov/uas/>, août 2015
- Press release – DOT and FAA Propose New Rules for Small Unmanned Aircraft Systems, http://www.faa.gov/news/press_releases/news_story.cfm?newsId=18295, février 2015
- Drones civils : loisirs ? aéromodélisme ? activité professionnelle ?, <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Drones-civils-loisir-aeromodelisme>, 22 janvier 2015
- Conditions d’emploi des aéronefs civils télépilotes, DGAC, 2015
- Redbird : les drones fondent sur les travaux publics ; Construction Cayola ; mai 2014 ; URL : <http://www.constructioncayola.com/carrieres/article/2014/05/19/92835/redbird-les-drones-fondent-sur-les-travaux-publics.php>
- Emploi d’un drone pour l’aide au commandement dans la stratégie de lutte contre les feux de forêt dans les Landes, Service départemental d’incendie et de secours des Landes
- A Paris, la police fait voler ses drones dans un brouillard législatif, Le Monde, août 2015
- Drones de sécurité : un marché très prometteur ; Face au risque ; février 2015 ; URL : <http://www.faceaurisque.com/index.php/Accueil/Maitrise-des-risques/Dossiers/Drones/Drones-de-securite-un-marche-tres-prometteur>
- 2015-2016, Industrie Française Aéronautique, Spatiale, de Défense et de Sécurité, GIFAS
- La fabrication d’appareils de mesure et de navigation, Xerfi, avril 2015
- Comment Redbird veut devenir le *leader* des drones civils en France, Challenges.fr, 18/06/2014
- La Commission européenne préconise des normes strictes pour réglementer l’utilisation des drones civils, Commission Européenne, 8 avril 2014
- La SNCF et l’ONERA s’unissent pour développer des drones de surveillance des 30 000 kilomètres de voies, L’Usine Nouvelle, 25 février 2015

- Eurodrones Inc., Transnational Institute and Statewatch, 2014
- Examining progress at the UAS test sites, Unmanned Systems, juillet 2015
- RPAS, The Global Perspective, 2015/2016, 13th Annual Edition, UVS International
- Press Release – DOT and FAA Propose New Rules for Small Unmanned Aircraft Systems, FAA, 15 février 2015
- UAS coalitions, xyHt, 2015
- NASA's Unmanned Air Traffic Management Prototype, Unmanned systems vol.33, septembre 2015
- Commercial drones could require direct human oversight for years, FAA says, The Guardian, 7 octobre 2015
- CNN'S UAS pathfinder mission, uasmagazine.com, 18 septembre 2015
- Seeing beyond the long range potential of UAS, UAS magazine, Q3 2015
- Why Your Drone Can't Fly Near Airports Anymore, Fortune, 18 novembre 2015
- World development indicators, agriculture, World Bank, 2012
- How drones will drastically transform U.S. agriculture, in one chart, marketwatch.com, 17 novembre 2015
- AUVSI Economic Report 2013
- Quantifying the Benefits of Drones in Precision Agriculture, American Farm Bureau Federation and Informa Economics, juillet 2015
- UAS in agriculture research, increasinghumanpotential.org
- New Boss on Construction Sites Is a Drone, technologyreview.com, 26 août 2015
- Drones Approved by the FAA under Section 333, dronelaw.pro, 18 janvier 2016
- AUVSI Economic Report 2013
- Flying UAS to protect and serve, InsideUnmannedSystems, septembre 2015
- U.S. surveillance drones largely ineffective along border, report says, The Washington Post, 6 janvier 2015
- Unmanned K-MAX completes firefighting demo, verticalmag.com, 20 octobre 2015
- Seeing beyond the long range potential of UAS, UAS magazine, Q3 2015
- Insitu and BNSF ScanEagle first commercial BVLOS flight, Suasnews, 25 novembre 2015
- Why BNSF Railway is using drones to inspect thousands of miles of rail lines, Fortune, 29 mai 2015
- Sky-Futures USA earns UAV exemption for oil, gas inspection, uasmagazine.com, 19 mars 2015
- Snapshot of the First 500 Commercial UAS Exemptions, Association for Unmanned Vehicle Systems International (AUVSI), July 2015
- Examining progress at the UAS test sites, Unmanned Systems, juillet 2015
- Delta Drone Partners with Airware, unmannedsystemstechnology.com, 18 mai 2015
- Delta drone conçoit des aéronefs et forme à leur pilotage, Le Progrès, 22 août 2015
- Marché aéronautique en Allemagne, Strategy & Action International, 2014
- 2015 Yearbook, - RPAS, The global perspective –13th edition – June 2015, Blyengurg & Co
- Civilian drones and the legal issues surrounding their use, Wilde Beuger Solmecke, 2014
- Gemeinsame Grundsätze des Bundes und der Länder für die Erteilung der Erlaubnis zum Aufstieg von unbemannten Luftfahrtsystemen gemäß § 16 Absatz 1 Nummer 7 Luftverkehrs-Ordnung (LuftVO), Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, décembre 2013
- Fachtagung: Drohnensteuerung im Alpenraum, bavAIRia, 27 janvier 2015
- Study on privacy, data protection and ethical risks in civil remotely piloted aircraft systems operations, Commission Européenne, novembre 2014
- Stockholm International Peace Research Institute yearbook 2015
- Fast building inspection from the air, Fraunhofer, 01 juillet 2014
- Statistisches Jahrbuch 2015, Office Fédéral des Statistiques
- Yearbook Wind Energy 2015, German Wind Energy Association

- Unmanned Aerial Vehicles and Inspection Services for Wind Turbines: Global Market Assessment and Forecasts, Navigant Research 2015
- Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series, Wind Power, IRENA 2012
- Westnetz - inspection of overhead powerlines, aibotix.com
- Statistisches Jahrbuch 2015, Office Fédéral des Statistiques
- UAVs for civil security, microdrones.com
- Taille du marché de l'agriculture en dollars US courants, Banque Mondiale, 2013
- Agricultural Development and Mechanization in 2013, A Comparative Survey at a Global Level, S. Böttinger, R. Doluschitz, J. Klaus, C. Jenane and N. Samarakoon, Université d'Hohenheim, 2013 ; Agricultural Equipment Groups – world – July 2014, Xerfi
- Agricultural census in Germany, Eurostat, 2012
- Precision agriculture – An opportunity for EU farmers - Potential support with the CAP 2014-2020, European Parliament, 2014
- Hexagon acquires Aibotix, an innovative manufacturer of advanced drones, News Cision, 18 février 2014
- Intel Acquires Ascending Technologies!, astech.de, 4 janvier 2016
- Official Opening of German UAS Test Site, uasvision.com, 15/09/2015
- Fachtagung: Drohnensteuerung im Alpenraum, bavAIRia, 27 janvier 2015
- Spain : temporary regulations on commercial use of drones approved, Bird&Bird, 8 octobre 2014
- Drones are pestering Spain's royal family, Engadget, 20 juillet 2015
- UAS Precision Farming in Spain, Ascending Technologies, 13 octobre 2015
- Endesa incorpora en Baleares un dron para revisar las lineas de distribucion eléctricas, 20 minutos, 21 mai 2015
- A Fleet of UAVs Inspecting Power Lines in Spain, Unmanned Aerial, 4 mai 2015
- Le Pentagone autorise la vente de quatre drones MQ-9 Reaper à l'Espagne, Defens'aero, 12 octobre 2015
- Indra propose un drone de patrouille maritime, Air&Cosmos, 16 octobre 2015
- Ouverture d'un centre d'essai en vol dédié aux drones en Espagne, Air&Cosmos, 25 mars 2014
- Spanish Test Centers take advantage of sunny skies, AIN Online, 14 juillet 2014
- Spain to become reference point for Europe's drone industry, The News Hub, 3 août 2015
- Galicia airfield to become €55-million drone research center, El Pais, 14 octobre 2015
- SL prend son envol en Israël, DIYDRONES, 23 juin 2015
- Elimco UAV has done an inspection of more than 100km long powerlines, Vespadrone, 19 novembre 2015
- Eulen apuesta por los drones de la mano de USol, TODRONE, 12 août 2015
- Unmanned aviation milestone in Spain, Suas News, 19 février 2015
- Indra propose un drone de patrouille maritime, Air&Cosmos, 16 octobre 2015
- En mission au Maroc, les experts du FMI abaissent la prévision de croissance à 3 % pour 2016, L'Usine Nouvelle, 05 novembre 2015
- Taille du marché de l'agriculture en dollars US courants, Banque Mondiale, 2013
- Le secteur aéronautique marocain face aux nouvelles mutations mondiales, Ministère de l'économie et des finances, septembre 2012
- Chapitre II Article 1.5, Code de l'Aviation Civile
- Interview du président de l'association Drone Maroc, Heure Essentielle, 9 décembre 2015
- Ministère de l'économie et des finances, Circulaire n°5519/311, 27 février 2015
- Un nouveau cadre juridique pour l'aviation civile au Maroc, Menara.ma, 25 juin 2015
- Stratégie de développement agricole, finances.gov.ma
- Delta Drone Arvalis Airbus, deltadrone.com, 4 mars 2014
- Travel & Tourism, Economic Impact 2015, Morocco, World Travel & Tourism Council

- Tourisme : le Maroc souffre de la méfiance des vacanciers français, La Tribune, 26/06/2015
- GDP from mining, tradingeconomics.com
- Delta drone conçoit des aéronefs et forme à leur pilotage, Le progrès, 22 août 2015
- Encore 600 millions d'euros d'investissements dans le réseau électrique du Maroc d'ici à 2016, L'Usine Nouvelle, 19 août 2013
- Les défis énergétiques au Maroc, Energystream – Solucom, 17 août 2015
- 160 MW Of 2 GW Noor Solar Thermal Project In Morocco Now Connected To Grid, Clean Technica, 6 février 2016
- World Economic Outlook, IMF, octobre 2015
- Indian aviation industry, India Brand Equity Foundation, novembre 2015
- Indian aerospace industry 2019, KPMG, 2010
- The Civil Sector and Drones in India, Center for the Advanced Study of India, 19 octobre 2015
- Use of Unmanned Aerial Vehicle (UAV)/ Unmanned Aircraft Systems (UAS) for Civil Applications, Government of India, 7 octobre 2014
- The Civil Sector and Drones in India, Center for the Advanced Study of India, 19 octobre 2015
- Govt mulling to regulate Unmanned Aerial Vehicles to combat terror threats: Home Secy, indianexpress.com, 14 décembre 2015
- From agriculture to wedding-photography, drones are all set to fly high in India, The News Minute, 9 septembre 2015
- India's drone troubles : Wedding planners to advertisers flouting norms, One India, 21 décembre 2015
- Drone used for photography in big fat Indian wedding, India Today, 19 décembre 2015
- Maharashtra Using Drones to Survey Crop Losses in Drought-Hit Parts, NDTV, 25 août 2015
- Drones to help gauge crop damage, The Hindu, 6 octobre 2015
- Road construction picks up 36 % this year, Business Standard, 22 octobre 2015
- NHAI to Use ISRO Satellites, Drones for Better Planning of Indian Roads, thebetterindia.com, 12 octobre 2015
- Which is the world's biggest employer ?, BBC.com, 20 mars 2012
- UAVs to Check on Railway Bridge Safety in India, uasvision.com, 02 février 2016
- A brief report on Mining and Minerals Industry in India, Corporate Catalyst India, mai 2015
- To boost output, CIL keen on using UAVs, The Indian Express, 10 mai 2015
- India is considering using drones on its border with Bangladesh, bdnews24.com, 14 décembre 2015
- Police in India Now Have Drones That Can Shower Unruly Crowds With Pepper Spray, Vice News, 9 avril 2015
- LH Aviation veut produire ses drones bas coûts dans le monde entier, l'Usine nouvelle, 9 juillet 2015
- DHL to Bring Drone Delivery to India, DroneLife, 10 décembre 2015
- CIA to Outsource Drone Operations to India, National Report, mars 2015
- From agriculture to wedding-photography, drones are all set to fly high in India, The News Minute, 9 septembre 2015
- Navstik Labs Launches New Linux-based AUtopilot for Commercial Drones, The Drone Files, 1 novembre 2015
- This Pune-Based Startup is Creating an Android-Like Platform for Drones, Gadget 360°, 23 octobre 2015
- Drones to assess crop damage under new agro-insurance scheme, Skymet Weatherwise, 10 janvier 2016
- Agricultural Development and Mechanization in 2013, A Comparative Survey at a Global Level, S. Böttinger, R. Doluschitz, J. Klaus, C. Jenane and N. Samarakoon, Université d'Hohenheim, 2013
- Agricultural Equipment Groups – world – July 2014, Xerfi
- Agricultural Development and Mechanization in 2013, A Comparative Survey at a Global Level, S. Böttinger, R. Doluschitz, J. Klaus, C. Jenane and N. Samarakoon, Université d'Hohenheim, 2013
- Cinq pôles de compétitivité du végétal en réseau pour se développer à l'international, arvalis-infos.fr, 25 mai 2011

- Les 4 chiffres clés de la production française de machines agricoles, L'Usine Nouvelle, 17 avril 2014
- Global Homeland Security & Public Safety Industry, Technologies Market – 2015-2022, Homeland Security Research, 2015
- U.S. surveillance drones largely ineffective along border, report says, The Washington Post, 6 janvier 2015
- Le drone, nouvelle arme des gendarmes, Le Figaro, 03/02/2016
- Police in India Now Have Drones That Can Shower Unruly Crowds With Pepper Spray, Vice News, 9 avril 2015
- Flying UAS to protect and serve, InsideUnmannedSystems, septembre 2015
- IEA World Energy Outlook 2012, New Policies Scenario
- Global wind energy outlook, 2014, Global Wind Energy Council
- World Mining Groups, Xerfi Global, 2014
- Global construction outlook: executive outlook, IHS Economic

LES RAPPORTS PIPAME DÉJÀ PARUS

- Diffusion des nouvelles technologies de l'énergie (NTE) dans le bâtiment, juin 2009
- Étude de la chaîne de valeur dans l'industrie aéronautique, septembre 2009
- La logistique en France : indicateurs territoriaux, septembre 2009
- Logistique mutualisée : la filière « fruits et légumes » du marché d'intérêt national de Rungis, octobre 2009
- Logistique et distribution urbaine, novembre 2009
- Logistique : compétences à développer dans les relations « donneur d'ordre – prestataire », novembre 2009
- L'impact des technologies de l'information sur la logistique, novembre 2009
- Dimension économique et industrielle des cartes à puces, novembre 2009
- Le commerce du futur, novembre 2009
- Mutations économiques pour les industries de la santé, novembre 2009
- Réflexions prospectives autour des biomarqueurs, décembre 2009
- Mutations économiques dans le domaine de la chimie, février 2010
- Mutations économiques dans le domaine de la chimie -- volet compétences, février 2010
- Mutations économiques dans le domaine automobile, avril 2010
- Maintenance et réparation aéronautiques : base de connaissances et évolution, juin 2010
- Pratiques de logistique collaborative : quelles opportunités pour les PME/ETI ?, février 2011
- Dispositifs médicaux : diagnostic et potentialités de développement de la filière française dans la concurrence internationale, juin 2011
- Étude prospective des bassins automobiles : Haute-Normandie, Lorraine et Franche-Comté, novembre 2011
- M-tourisme, décembre 2011
- Marché actuel des nouveaux produits issus du bois et évolutions à échéance 2020, février 2012
- La gestion des actifs immatériels dans les industries culturelles et créatives, mars 2012
- Le développement industriel futur de la robotique personnelle et de service en France, avril 2012
- Enjeux et perspectives des industries agroalimentaires face à la volatilité du prix des matières premières, octobre 2012
- Potentiel et perspectives de développement des plates-formes d'échanges interentreprises, janvier 2013
- Étude sur la location de biens et services innovants : nouvelles offres, nouveaux opérateurs, nouveaux modèles économiques ?, janvier 2013
- Enjeux économiques des métaux stratégiques pour les filières automobiles et aéronautiques, mars 2013
- Chaînes logistiques multimodales dans l'économie verte, mars 2013
- Évolutions technologiques, mutations des services postaux et développement de services du futur, juillet 2013
- Imagerie médicale du futur, octobre 2013
- Relocalisations d'activités industrielles en France, décembre 2013
- Benchmark européen sur les plateformes chimiques, quels sont les leviers pour améliorer la compétitivité des plateformes françaises ?, septembre 2014
- Les innovations technologiques, leviers de réduction du gaspillage dans le secteur agroalimentaire : enjeux pour les consommateurs et pour les entreprises, novembre 2014
- Mutations économiques du secteur de l'industrie des métaux non ferreux, mars 2015
- Enjeux et perspectives de la consommation collaborative, juillet 2015
- Usages novateurs de la voiture et nouvelles mobilités, janvier 2016
- E-santé : faire émerger l'offre française en répondant aux besoins présents et futurs des acteurs de santé, février 2016
- Filières industrielles de la valorisation énergétique du sous-sol profond, mars 2016
- Enjeux et perspectives des industries du sport en France et à l'international, juin 2016
- Marché actuel et offre de la filière minérale de construction et évaluation à échéance de 2030, novembre 2016
- Futur de la fabrication additive, janvier 2017
- L'avenir du marché de la téléassistance et des services associés, février 2017
- Enjeux et perspectives des producteurs pour tiers de principes actifs et de médicaments, mars 2017

Crédits photographiques

Couverture (horizontalement de gauche à droite) : © Tempura – iStock ; ©Fotolia.com ; © Meinzahn – iStock ; ©Bercy Photo P.Bagein.

L'émergence récente d'une filière française des drones civils devrait transformer le paysage industriel avec l'apparition de nouveaux acteurs clés dans les territoires, notamment ceux tournés vers le développement à l'international. Dans ce contexte, l'accompagnement de ces acteurs français du drone civil sur les marchés d'exportation est stratégique pour permettre le développement d'une filière industrielle en France et préserver le marché intérieur face à la concurrence étrangère actuelle et à venir.

Après avoir établi ce constat, l'étude dresse un état des lieux des différents usages et applications des drones civils, des principaux acteurs de la filière, des technologies associées existantes ou en développement, autant de déterminants de la croissance future de cette activité, que ce soit en France, en Europe ou dans le monde.

L'étude propose également un panorama des marchés internationaux pour la filière française du drone civil, ainsi que des recommandations pour en favoriser le développement à l'export.

