



IRSEM

INSTITUT DE RECHERCHE STRATÉGIQUE
DE L'ÉCOLE MILITAIRE

Décembre 2018

IMPACT DES NOUVEAUX MODÈLES ÉCONOMIQUES INDUSTRIELS SUR LES ÉQUIPEMENTS DES ARMÉES

Dr Antoine PIETRI

*Chercheur Économie de défense,
économie des conflits à l'IRSEM*

ICA Benoît RADEMACHER

*Directeur du domaine Armement
et économie de défense à l'IRSEM*

É T U D E S

IMPACT DES NOUVEAUX MODÈLES ÉCONOMIQUES INDUSTRIELS SUR LES ÉQUIPEMENTS DES ARMÉES

Dr Antoine PIETRI

*Chercheur Économie de défense,
économie des conflits à l'IRSEM*

ICA Benoît RADEMACHER

*Directeur du domaine Armement
et économie de défense à l'IRSEM*

Pour citer cette étude

Dr Antoine PIETRI, ICA Benoît RADEMACHER, *Impact des nouveaux modèles économiques industriels sur les équipements des armées*, Études de l'IRSEM, 64, décembre 2018.

Dépôt légal

ISSN : 2268-3194

ISBN : 978-2-11-152619-8

DERNIÈRES ÉTUDES DE L'IRSEM

63. *Le Rôle des armées dans la fonction « intégration » de l'État*
Barbara JANKOWSKI
62. *Le Gazoduc Nord Stream 2. Enjeux politiques et stratégiques*
Céline MARANGÉ, Angélique PALLE et Sami RAMDANI
61. *Améliorer la résilience psychologique des combattants et de leurs familles. Pour une prévention permettant de limiter l'impact psychologique d'un traumatisme et/ou de faciliter le rétablissement*
LCL Arnaud PLANIOL
60. *L'Activité de renseignement des groupes jihadistes*
COL Olivier PASSOT
59. *France and Poland Facing the Evolution of the Security Environment*
Barbara JANKOWSKI and Amélie ZIMA (eds.)
58. *L'Ergonomie et la réalité augmentée adaptées aux besoins militaires. Opportunités technologiques et culturelles (nouvelles générations de combattants)*
LCL Arnaud PLANIOL
57. *Du gel au dégel des pensions des anciens militaires subsahariens des armées françaises : histoire politique, combat juridique et difficultés actuelles*
Camille EVRARD
56. *Les Conséquences en termes de stabilité des interventions militaires étrangères dans le monde arabe*
Flavien BOURRAT
55. *Implication de la Chine dans le secteur des transports en Europe centrale et orientale : forme, réalisations et limites*
Agatha KRATZ

ÉQUIPE

Directeur

Jean-Baptiste JEANGÈNE VILMER

Directeur scientifique

Jean-Vincent HOLEINDRE

Secrétaire général

CRG1 (2S) Étienne VUILLERMET

Chef du soutien à la recherche

Caroline VERSTAPPEN

Éditrice

Chantal DUKERS

Retrouvez l'IRSEM sur les réseaux sociaux :

@ <https://www.defense.gouv.fr/irsem>



@IRSEM1



AVERTISSEMENT : l'IRSEM a vocation à contribuer au débat public sur les questions de défense et de sécurité. Ses publications n'engagent que leurs auteurs et ne constituent en aucune manière une position officielle du ministère des Armées.

© 2018 Institut de recherche stratégique de l'École militaire (IRSEM).

PRÉSENTATION DE L'IRSEM

L'Institut de recherche stratégique de l'École militaire (IRSEM), créé en 2009, est un institut de recherche rattaché à la Direction générale des relations internationales et de la stratégie (DGRIS) du ministère des Armées. Composé d'une quarantaine de personnes, civiles et militaires, sa mission principale est de renforcer la recherche française sur les questions de défense et de sécurité.

L'équipe de recherche est répartie en cinq domaines :

- Questions régionales Nord, qui traite de l'Europe, des États-Unis, de la Russie et de l'espace post-soviétique, de la Chine, du Japon et de la péninsule coréenne.
- Questions régionales Sud, qui traite de l'Afrique, du Moyen-Orient, du Golfe, du sous-continent indien, de l'Asie du Sud-Est et du Pacifique.
- Armement et économie de défense, qui s'intéresse aux questions économiques liées à la défense et aux questions stratégiques résultant des développements technologiques.
- Défense et société, qui examine le lien armées-nation, l'attitude de l'opinion publique vis-à-vis des questions de défense, et la sociologie de la violence, de la guerre et des forces armées.
- Pensée stratégique, qui étudie la conduite des conflits armés à tous les niveaux (stratégique, opératif, tactique).

En plus de conduire de la recherche interne (au profit du ministère) et externe (à destination de la communauté scientifique), l'IRSEM favorise l'émergence d'une nouvelle génération de chercheurs (la « relève stratégique ») en encadrant des doctorants dans un séminaire mensuel et en octroyant des allocations doctorales et postdoctorales. Les chercheurs de l'Institut contribuent aussi à l'enseignement militaire supérieur et, au travers de leurs publications, leur participation à des colloques et leur présence dans les médias, au débat public sur les questions de défense et de sécurité.

BIOGRAPHIES

Antoine Pietri est docteur en sciences économiques et spécialiste de l'analyse économique des conflits. Il a rejoint l'IRSEM en juillet 2017 et travaille sur des questions relatives à l'évaluation du coût socio-économique des conflits et sur le lien entre conflits armés et environnement naturel (e.g. biodiversité, ressources naturelles). Il anime aussi à l'IRSEM le séminaire « Conflits et économie de défense » qui rassemble chaque mois une dizaine de chercheurs et d'institutionnels sur un aspect de l'analyse économique des conflits et de l'économie de défense.

Sa thèse intitulée « L'analyse économique des conflits à la lumière de la *Contest Theory* » a été récompensée par le prix de thèse de l'Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne et par le prix Économie de défense 2017 décerné par le ministère des Armées. Antoine Pietri est aussi l'auteur de nombreux articles dans des revues à comité de lecture telles que le *Journal of Economic Behavior & Organization*, *Defence and Peace Economics*, ou encore la *Revue d'économie politique*.

Contact : antoine.pietri@irsem.fr

Benoît Rademacher est directeur du domaine Armement et économie de défense à l'IRSEM, depuis octobre 2016. Ingénieur en chef de l'armement, diplômé de l'École polytechnique (promotion X 96) et de l'ENSTA ParisTech, il a commencé sa carrière au centre d'analyse de défense de la direction générale de l'armement (DGA) comme responsable d'études technico-opérationnelles. Puis il a rejoint l'Agence des participations de l'État au ministère des Finances, chargé du suivi d'un portefeuille d'entreprises publiques. Chef du bureau de la tutelle des écoles et des formations internationales à la direction générale de l'armement (DGA) de 2011 à 2016, il a exercé la tutelle de quatre écoles d'ingénieurs (École polytechnique, ISAE-Supaéro, ENSTA ParisTech et ENSTA Bretagne). Benoît Rademacher est également titulaire du DESS Défense, géostratégie et dynamiques industrielles de l'Université Paris II Panthéon-Assas.

Contact : benoit.rademacher@irsem.fr

SOMMAIRE

RÉSUMÉ	11
INTRODUCTION.....	13
I. LES GRANDES TENDANCES DANS LES MODÈLES ÉCONOMIQUES INDUSTRIELS.....	19
1. Accélération des cycles technologiques et dualité	19
<i>La non-synchronisation des cycles dans la production d'EM</i>	19
<i>La dualité dans les nouveaux modèles industriels</i>	22
<i>Raccourcissement des cycles technologiques</i>	28
2. Des coûts importants et croissants au long du cycle de vie	34
<i>Sophistication des EM et coût global de possession</i>	36
<i>L'inflation des coûts de défense</i>	39
<i>La croissance des coûts des EM le long de leur cycle de vie</i>	43
II. ÉLÉMENTS D'ANALYSE PROSPECTIVE SUR LA DIMINUTION DE LA DURÉE DE VIE	
OPÉRATIONNELLE AFFECTIVE DES EM	51
1. Une durée de vie opérationnelle effective plus courte permettrait une meilleure adaptation de la technologie aux besoins opérationnels	52
<i>Cycle de vie d'un EM et performance opérationnelle</i>	53
<i>L'expression et la satisfaction du besoin opérationnel</i>	57
2. Une diminution de la durée de vie opérationnelle effective des EM permettrait de dynamiser l'industrie de défense	60
<i>Raccourcissement de la durée de vie opérationnelle effective des EM et performance de la BITD</i>	63
<i>Le maintien des compétences stratégiques</i>	68
III. LES RISQUES ASSOCIÉS À UNE DIMINUTION DE LA DURÉE DE VIE OPÉRATIONNELLE	
EFFECTIVE DES EM	73
1. Les risques opérationnels liés à la diminution de la durée de vie opérationnelle effective des EM	73
<i>Les risques liés à l'interopérabilité</i>	73
<i>Les risques liés à un surcroît de besoin de formation/entraînement</i>	75
2. Les risques liés à l'exportation d'EM de seconde main	76
<i>Les risques « économiques »</i>	76
<i>Les risques « stratégiques »</i>	80
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....	83
ANNEXES.....	87
1. Rôles de l'EMA dans l'instruction générale « 1516 »	87
2. Les modes d'acquisition alternatifs.....	89

3. Gestion de la fin de vie opérationnelle des EM dans l'Union européenne	90
4. Quelques éléments juridiques sur les exportations de seconde main (extraits)	93
5. Avantages et inconvénients des différentes modalités de diminution de la durée de vie opérationnelle des EM	94
6. SCT et potentiel dual	95
7. Exemples de retombées civiles du développement des technologies militaires	97
8. Lien entre démonstrations et exportations (Naval Group)	97
9. Évolution des prix unitaires des principaux matériels de défense français	98
10. Date d'entrée en service, âge et date prévisible de retrait de certains types de matériels à fin 2015	98
11. Marge d'exploitation des principales entreprises de la BITD (2012-2016).....	99
12. Dividendes versés à l'État français par les principales entreprises de la BITD (2012-2016).....	100
13. Les politiques d'offsets dans 15 pays	101

RÉSUMÉ

Cette étude s'interroge sur l'impact de l'évolution des environnements technologique et stratégique sur les cycles de vie des équipements des armées. Deux grandes tendances ont été identifiées : une amélioration exponentielle des technologies accompagnée d'une forte dualité des équipements et une croissance des coûts des équipements militaires (EM) le long de leur cycle de vie. Ces évolutions se traduisent par des adaptations des modèles économiques industriels incitant à une réduction de la durée d'utilisation de certains EM. Plus particulièrement, les industriels cherchent à lisser leurs plans de charge et à vendre des services (*e.g.* le maintien en condition opérationnelle). L'étude se concentre sur une solution consistant à proposer à l'export des matériels militaires d'occasion et limiter la durée de vie des matériels « consommables ».

Plusieurs avantages à cette solution ont été identifiés et développés dans cette étude :

1. Moderniser le parc d'EM utilisés par les forces armées.
2. Réduire la tendance à la sur-spécification de certains EM.
3. Dynamiser la base industrielle et technologique de défense française (BITD).
4. Favoriser le maintien de compétences stratégiques.

Cependant, des risques de plusieurs ordres sont soulignés :

1. Risque pour l'interopérabilité (au niveau interarmées et international).
2. Des besoins croissants en formations/entraînements du personnel.
3. Risque de création de BITD concurrentes.
4. Risque de prolifération des armements.

Dans la continuité de cette étude, trois recommandations ont été formulées pour approfondir et mieux cerner les enjeux associés à une éventuelle stratégie de revente des EM :

1. Réaliser des analyses économiques pour évaluer l'âge optimal de remplacement de certains EM en fonction des coûts et avantages liés à leur remplacement/à leur entretien.
2. Réaliser une étude comparative des politiques d'exportation d'armes de seconde main des Pays-Bas, de l'Allemagne et de la Suède.
3. Mener une étude de marché complète du marché des EM de seconde main.

INTRODUCTION¹

Le général de Villiers, alors chef d'état-major des armées (CEMA), estimait qu'il existe quatre dimensions qui caractérisent les nouvelles opérations extérieures (OPEX), les « 4 D » : durcissement, dispersion, digitalisation et durée². Les théâtres d'opération sont ainsi jugés plus dangereux et plus en lien avec les technologies de l'information et de la communication que précédemment. Les évolutions de l'environnement sécuritaire, mais aussi de l'environnement technologique, sont donc particulièrement structurantes. Les documents et discours officiels récents se sont emparés de ces deux éléments. Par exemple, le rapport annexé au projet de loi de programmation militaire 2019/2025 évoquait un « durcissement généralisé des conflits, dégradant les conditions d'engagement des forces françaises et de leurs alliés, désormais confrontés à des adversaires potentiels mieux armés et équipés³ ». Selon le rapport, ce durcissement s'explique en partie par des défis sécuritaires nouveaux, à la fois sur le territoire national et dans les théâtres d'opération sur lesquels la France intervient. En particulier, les nouvelles menaces auxquelles la France est confrontée marquent une rupture avec la nature plus symétrique des conflits existants durant la guerre froide.

Concernant l'environnement technologique, la *Revue stratégique de défense et de sécurité nationale 2017* (ci-après *Revue stratégique 2017*) affirme que, « [h]istoriquement, les ruptures majeures en matière d'armement ont été le fruit de financements à finalité militaire. Aujourd'hui encore, la plupart des technologies qui modifieront en profondeur les futurs systèmes de défense sont financées par les

1. Les vues exprimées sont celles des seuls auteurs et ne sauraient en aucun cas engager l'IRSEM ou le ministère des Armées. L'ensemble des données utilisées pour cette étude est issu de sources ouvertes et non classifiées. Ce travail s'appuie en partie sur une étude commandée par l'IRSEM à Josselin Droff, chercheur à la chaire Économie de défense de l'IHEDN.

2. Audition du CEMA devant la commission de la défense nationale et des forces armées, le 8 février 2017. Re transcription : <http://www.assemblee-nationale.fr/14/cr-cdef/16-17/c1617028.asp> (consulté le 18 juillet 2018).

3. Ministère des Armées, [Rapport annexé au projet de loi de programmation militaire \(2019 / 2025\)](#), février 2018, p. 5.

États (hypervélocité et hypermanœuvrabilité des missiles, amélioration et mise en réseau des capteurs, furtivité active, armes à énergie dirigée...). Toutefois, le domaine civil étatique ou privé fait émerger un nombre croissant de technologies d'intérêt militaire à un rythme de plus en plus soutenu⁴ ». Cette pénétration des technologies civiles dans la sphère militaire constitue un enjeu central, qui dimensionne à la fois les choix de politique de défense française et les choix des industriels de la base industrielle et technologique de défense (BITD). Le 5 juillet 2018, la ministre Florence Parly a d'ailleurs souligné le rôle des nouvelles technologies – souvent civiles – dans les conflits, estimant que « [l]es théâtres d'opération changent. L'espace exoatmosphérique devient un lieu de confrontation. Et d'un clic, une attaque cyber⁵ peut bloquer nos économies, nos industries, nos moyens de transport⁶ ». Cette étude s'inscrit dans la réflexion actuelle concernant les réponses institutionnelles envisageables par le ministère des Armées pour répondre à ces nouvelles contraintes.

Les entreprises de la BITD française ont adapté leur modèle économique – c'est-à-dire l'ensemble des stratégies mises en place par les industriels de défense dans le but de générer une rentabilité à partir de leurs activités – aux exigences nouvelles de leur principal client, l'État français. Cette étude explore et documente deux tendances structurantes qui expliquent les mutations des modèles économiques de l'industrie de défense : l'accélération technologique, notamment pour les technologies civiles, et l'augmentation des coûts unitaires de production des équipements militaires (par la suite « EM »). L'un des principaux changements dans le modèle économique des industriels de la défense tient en l'incorporation plus intensive de composants civils ou de processus de production compatibles avec les chaînes de

4. Ministère des Armées, *La Revue stratégique de défense et de sécurité nationale*, 13 octobre 2017, p. 33.

5. Sur les questions cyber en droit international voir François Delerue et Aude Géry, *Cyberopérations et droit international. De l'opportunité de saisir la Commission du droit international des Nations unies de la question du droit international applicable aux cyberopérations*, Note de recherche de l'IRSEM, n° 59, juillet 2018 et François Delerue, *Le droit international dans la Stratégie nationale de la cyberdéfense*, Note de recherche de l'IRSEM, n° 58, juillet 2018.

6. Florence Parly, *Discours du 5 juillet 2018 sur la transformation de la DGA*, Balard, 5 juillet 2018 (consulté le 14 juillet 2018).

production utilisées dans les activités civiles⁷. Cette évolution industrielle répond pour partie à deux objectifs :

1. Elle permet d'augmenter l'échelle de production de certaines chaînes de production militaire et ainsi réduire les coûts unitaires des EM.
2. Elle permet de mieux répondre à l'évolution des théâtres d'opération actuels dont les combattants adoptent des technologies civiles à des fins militaires.

Cependant ce recours intensif à la technologie civile n'est pas neutre sur la durée d'utilisation des matériels militaires. Il convient de noter que cette étude recourt à la terminologie de « durée de vie opérationnelle » proposée par le Centre interarmées de concepts, de doctrines et d'expérimentations qui distingue⁸ :

1. La durée de vie opérationnelle planifiée, qui correspond à la durée d'utilisation escomptée d'un équipement militaire (EM) avant sa mise en service.
2. La durée de vie opérationnelle « utile », qui correspond à la durée pendant laquelle l'EM est une source d'avantage opérationnel important sur le théâtre d'opération.
3. La durée de vie opérationnelle effective, qui renvoie à la durée de vie réelle d'un EM (écart entre la date de retrait du service et celle de la mise en service).

Dans un monde idéal, ces trois durées de vie seraient égales, ce qui signifierait que la durée de vie des EM correspondrait parfaitement aux besoins opérationnels, et que la durée d'utilisation des matériels serait anticipée sans erreur. Cependant, il existe deux biais systématiques dans une telle analyse. Tout d'abord, les théâtres d'opération évoluent tant au niveau de leurs caractéristiques topographiques que de celui des combattants engagés et de leurs modes d'action. Cette incertitude engendre une désynchronisation entre les trois durées mentionnées ci-dessus. De plus, la dimension technologique dans des EM implique

7. Cela se traduit aussi par le recours de plus en plus fréquent à l'innovation ouverte (*open innovation*) (cf. *infra*). Le lecteur intéressé par l'innovation participative dans l'aérospatial et la défense pourra se référer au récent travail de Cécile Fauconnet, « [L'innovation dans l'Aérospatial et la Défense : contribution scientifique et qualité des brevets](#) », *ISTE OpenScience*, 2018.

8. Centre interarmées de concepts, de doctrines et d'expérimentations (CICDE), *Grille d'analyse opérationnelle en appui à la démarche capacitaire prospective*, document interne du CICDE, avril 2017.

nécessairement une difficulté à appréhender leur utilisation. En effet, certains EM peuvent être utilisés moins longtemps que ce qui avait été initialement escompté en raison de diverses obsolescences (technique, fonctionnelle ou encore opérationnelle). Cette incertitude induit une difficulté à mesurer le coût du dépassement technologique et opérationnel. Inversement, certains EM peuvent être maintenus ou améliorés, ce qui allongerait leur durée d'utilisation.

Cette étude cherche à documenter la question de l'opportunité de l'adoption d'une stratégie de réduction de la durée de vie opérationnelle effective des EM, dans un contexte d'accélération des cycles technologiques. L'adoption d'une telle stratégie aurait pour objectif ou pour conséquence de diminuer l'âge moyen du parc des EM utilisés par les forces armées, dans un objectif final de meilleure adaptation du parc des EM aux évolutions technologiques dont elle constituerait une des modalités. Le pilotage des décisions de retrait de service actif étant de la responsabilité de l'état-major des armées⁹ (EMA) et engendrant de profondes modifications dans les doctrines d'emploi des forces¹⁰, les centres de doctrine des armées sont au cœur de cette réflexion stratégique. Une stratégie de réduction de la durée de vie opérationnelle effective des EM peut prendre plusieurs modalités :

1. La location d'EM auprès de plate-formistes ou d'autres armées pour une durée proche de sa durée de vie opérationnelle « utile ». Cette modalité a été récemment explorée par un rapport de l'Institut des hautes études de défense nationale¹¹ (IHEDN) sur l'« ubérisation¹² de la défense ». Ce rapport conclut que cette stratégie « semble

9. Voir l'annexe 1 pour les rôles de l'EMA dans le processus d'acquisition d'armements. En particulier, il convient de noter que le choix de la modalité d'acquisition ne fait pas partie de l'objet de cette étude car elle est la prérogative de la Direction générale de l'armement (DGA), cependant le lecteur pourra trouver dans l'annexe 2 quelques éléments sur cette thématique.

10. Didier Danet, « [La stratégie militaire à l'heure des NTIC et du "Big Data" : Quelles hypothèses structurantes ?](#) », *Revue internationale d'intelligence économique*, 5:2, 2013, p. 125-139.

11. Institut des hautes études de défense nationale (IHEDN), [Compte tenu de la rupture technologique que constitue la numérisation, l'écosystème de l'armement peut-il et doit-il être ubérisé à l'horizon 2025 ?](#), 53^e session nationale « Armement et économie de défense », comité n° 5, 2017.

12. La définition adoptée par le rapport de l'IHEDN : « Mise en place d'un nouvel équilibre au sein d'un écosystème, basée sur une "plateformisation" de la relation

inconcevable pour les programmes les plus importants et/ou sensibles (aspects de confidentialité), garantissant la souveraineté de la France et/ou préservant un avantage stratégique¹³ » en partie en raison de la complexité des grands programmes d'armement. Pour le cas des locations d'hélicoptères, le rapport De Legge 2018¹⁴ estime que « si la location d'hélicoptères civils peut constituer un palliatif à la problématique de la disponibilité, elle ne saurait en revanche être une réponse de long terme satisfaisante. Elle n'apparaît en effet adaptée que pour l'entraînement de base des équipages, certaines qualifications nécessitant de réaliser des heures de vol sur des appareils militaires disposant de l'ensemble de spécifications et des équipements nécessaires, ou encore pour la réalisation de missions moins complexes ».

2. Le retrait de service actif anticipé de certains EM en fin de durée de vie opérationnelle « utile », ou dont les coûts d'entretien deviendraient trop importants (par exemple, dont le coût du maintien en condition opérationnel (MCO) serait supérieur à la valeur résiduelle du matériel considéré). Cette solution a été étudiée en détails par le rapport Grall 2011¹⁵. En particulier, le rapport montre que cette solution est utilisée chez un grand nombre de nos alliés. Par exemple, « [e]n Allemagne, les véhicules terrestres sont vendus à des entreprises spécialisées qui gagnent ensuite de l'argent en revendant les matériaux. Cette activité représente un revenu pour l'État fédéral de l'ordre d'un million d'euros par an qui vient en général en déduction du prix des prestations effectuées par ces industriels pour le compte des armées. De même, l'usine américaine de démantèlement des munitions d'Anniston revend sur le marché un certain nombre de composants, notamment le métal ; les gains ainsi retirés reviennent à l'armée de terre américaine à condition qu'elle utilise cette ressource pour réaliser des investissements dans

client-fournisseur, remettant en cause les rentes existantes en réponse à une forte demande sociétale (comblement de frustration) et induisant une déstabilisation, voire un bouleversement, du cadre légal et sociétal existant » (*ibid.*, p. 11).

13. *Ibid.*, p. 16.

14. Sénat, [La Disponibilité des hélicoptères du ministère des Armées](#), Rapport d'information n° 650 fait au nom de la commission des finances, juillet 2018, p. 73.

15. Commission de la défense nationale et des forces armées, [La Fin de vie des équipements](#), Rapport d'information n° 3251, mars 2011.

un délai de cinq ans¹⁶ ». Pour un panorama des politiques de fin de vie des EM au sein de l'Union européenne, voir l'annexe 3.

3. L'exportation de certains EM avant la fin de leur durée de vie opérationnelle « utile ». Cette solution a été très peu étudiée par le rapport Grall 2011 et demeure assez marginale en France¹⁷.

Ces trois modalités de réduction de la durée de vie opérationnelle effective des EM ont été inégalement étudiées (voir l'annexe 5 pour un tableau synthétique des principaux avantages/inconvénients de chaque modalité). Cette étude se consacre en détails à la réflexion de l'intérêt d'une stratégie fondée sur la revente des EM. Pour ce faire, elle est construite en trois temps. Tout d'abord, le chapitre I identifie et documente deux tendances structurantes pour les entreprises de la BITD : une accélération technologique accompagnée d'une forte dualité des équipements et une croissance des coûts des EM le long de leur cycle de vie. Les deuxième et troisième chapitres adoptent une posture prospective pour expliquer quels seraient les avantages et les risques associés à une stratégie de réduction de la durée de vie opérationnelle effective de certains EM par l'export. Enfin, cette étude se termine par une conclusion accompagnée de trois « recommandations » sur des éléments qui doivent être investigués plus en profondeur pour évaluer l'opportunité d'une telle stratégie pour les armées françaises.

16. *Ibid.*, p. 49.

17. « Depuis plusieurs années, les exportations françaises de matériels d'occasion se situent donc à un niveau modeste et procurent à nos forces armées un retour annuel, en produit de cession, de l'ordre de 10 à 15 millions d'euros, flux en grande partie permis par la cession des Mirage 2000 intervenue en 1996. D'après les éléments communiqués au rapporteur, les cessions de matériels de l'Armée de terre sont inférieures au million d'euros par an. Il s'agit d'un montant faible au regard des investissements que nécessiterait une politique d'exportation plus ambitieuse, notamment en termes de stockage » (*ibid.*, p. 82). Quelques éléments juridiques sont retranscrits dans l'annexe 4.

I. LES GRANDES TENDANCES DANS LES MODÈLES ÉCONOMIQUES INDUSTRIELS

De nouveaux modèles économiques sont apparus dans les entreprises de la BITD française dans le but d'assurer le maintien de l'asymétrie technologique des forces armées tout en cherchant à accroître la rentabilité de ces entreprises. Deux tendances permettent de comprendre les enjeux d'une réflexion sur la durée de vie opérationnelle effective des équipements militaires (EM) : l'existence d'une nette accélération des cycles technologiques civils ayant pour effet d'accroître l'obsolescence des EM, et la complexification croissante des EM engendrant une hausse de leur coût global de possession.

1. ACCÉLÉRATION DES CYCLES TECHNOLOGIQUES ET DUALITÉ

Deux principales tendances liées à ces nouveaux modèles économiques industriels ont été identifiées dans le cadre de cette étude. Tout d'abord, la production d'EM requiert la participation de différents acteurs disposant de contraintes propres. Il existe donc une multitude de cycles non synchronisés entraînant des tensions sur la production des EM. Ensuite, cette étude documente le fait que les nouveaux modèles reposent sur la dualisation des EM (incorporation d'éléments issus de la technologie civile dans les EM). Enfin, les cycles technologiques tendent à se raccourcir, notamment en raison des nombreuses initiatives de captation de l'innovation mises en place par le ministère des Armées. Ce triple mouvement – existence de cycles différents, dualisation des EM et raccourcissement des cycles – invite à mener une réflexion sur la durée de vie opérationnelle effective (et planifiée) des EM.

La non-synchronisation des cycles dans la production d'EM

Les EM sont des équipements complexes, mobilisant des technologies développées spécifiquement pour eux, constitués de nombreux composants, soumis à des exigences particulières (contexte d'emploi, interopérabilité avec d'autres équipements) et dont la production dans son ensemble (décision, conception, R&T, fabrication, évolution)

nécessite la participation d'une multitude d'acteurs (entreprises de défense ou civiles, maître d'ouvrage public, client opérationnel, décideurs politiques, etc.) qui ont chacun des contraintes et des agendas différents.

La nature même des EM font qu'ils répondent à des logiques de conception et de production différentes de celles d'autres équipements ou produits industriels, donc à des phases ou cycles de production spécifiques. La grande hétérogénéité des EM interdit d'avoir une vision monolithique de ces différents cycles (la production d'un véhicule de transport léger sera nécessairement différente de celle d'un avion de combat omnirôle tel le Rafale), il est cependant possible de caractériser des grandes tendances en termes de cycles de production, selon leur nature. Laurent Wolf distingue ainsi cinq catégories de cycles¹ :

1. Les cycles technologiques (15 à 30 ans). Les EM sont caractérisés par une intégration intensive de technologies très avancées, dans l'objectif de permettre aux armées de disposer d'un avantage sur les théâtres d'opération à travers les capacités technologiques des EM. Les technologies utilisées pour les EM sont souvent des technologies développées de façon spécifique, ou des technologies très avancées qui nécessitent un temps de développement et de maturation important, souvent au-delà de 15 ans. À titre d'illustration, les technologies embarquées sur le Rafale ont commencé à être développées 15 ans auparavant².

2. Les cycles industriels (~15 ans). Il s'agit du temps nécessaire, à partir de la décision de passer la commande à l'industriel, pour concevoir et réaliser l'EM, jusqu'à la livraison et la mise en service opérationnel au profit des armées. Le temps de ce cycle est très variable en fonction de l'EM considéré. « Par exemple, la construction d'un porte-avions, nucléaire ou non, de 60 ou 70 000 tonnes, nécessite un outil industriel très spécifique qui n'existe qu'à Saint-Nazaire [...] En outre cela demande une phase d'étude de 5 à 7 ans, et de construction de 7

1. Fabrice Wolf, « [Y a-t-il un cycle qui s'impose à la planification de la Défense](#) », mai 2017.

2. *Ibid.*

à 10 ans³. » Pour les véhicules blindés de combat d'infanterie (VBCI) ce cycle a duré 8 ans (2000-2007).

3. Les cycles de ressource humaine militaire (~10 ans). La mise à disposition de nouveaux EM, qui ont des complexités croissantes, nécessite également des efforts importants en termes de formation et d'entraînement des personnels qui seront amenés à les utiliser.

4. Les cycles politiques (5 à 10 ans). Les questions militaires sont, d'une façon ou d'une autre, impactées par le rythme de la politique nationale, notamment celui des campagnes politiques nationales (un des objectifs des décideurs politiques étant de pouvoir réaliser des actions visibles dont ils pourront, le cas échéant, retirer des bénéfices électoraux). Ces cycles sont notamment impactés par le vote de la loi de programmation militaire (LPM) tous les 6 ans, et les votes du budget de la défense tous les ans.

5. Les cycles de l'opinion et du temps médiatique (infra-annuel). L'opinion publique est un élément important à prendre en considération pour les décisions concernant le domaine militaire, même si la relation entre les deux sphères est plus difficile à caractériser. Ces cycles ont été fortement raccourcis en raison du développement des réseaux sociaux, qui accélèrent significativement la diffusion des informations.

La diversité de ces cycles, de par leur nature et les contraintes associées, leur durée et les acteurs impliqués, implique nécessairement une absence de synchronisation (voir par exemple encadré 1), qui peut avoir pour conséquence des tensions importantes sur la production des EM et pose également la question de leur durée de vie opérationnelle effective et planifiée. Ce phénomène de désynchronisation est accentué par deux autres éléments : la place grandissante de la dualité des technologies dans les modèles industriels concourant à la production d'un EM, et le raccourcissement des cycles technologiques.

3. *Ibid.*

Encadré 1. Illustration de la désynchronisation des cycles (extrait⁴)

Illustration du décalage entre le rythme de l'innovation numérique et la durée de développement des grands équipements, un des interlocuteurs des rapporteurs a raconté qu'à l'entrée en service de la frégate *Chevalier Paul*, en 2011, certains personnels étaient surpris que les postes de télévision livrés fussent dotés de tubes cathodiques. En effet, la commande passée onze ans plus tôt n'intégrait pas les avancées de la technologie intervenues entre-temps. Si elle peut sembler futile, cette anecdote montre que même dans les « grands » programmes d'armement, l'intégration des développements rapides des technologies numériques mérite d'être mieux assurée, à la fois pendant le développement des équipements et pendant leur durée de service.

La dualité dans les nouveaux modèles industriels

La dualité est un concept difficile à caractériser. « Pour une entreprise, la dualité consiste à tirer parti de l'exploitation de compétences, de technologies, de produits et de procédés communs pour satisfaire des besoins exprimés sur des marchés différents, civils et militaires. Aujourd'hui, la forte croissance des activités sur les marchés commerciaux, d'une part, et la variété des technologies sur les marchés liés à la Défense, d'autre part, font de la dualité un enjeu clé de la stratégie des entreprises⁵. » La dualisation de l'activité de certaines entreprises de défense constitue un facteur important de leur stratégie industrielle ; elle s'est accrue depuis la fin de la guerre froide, car elle permet notamment une stratégie de lissage de l'activité d'une entreprise de défense (encadré 2).

4. Commission de la défense nationale et des forces armées, [Les Enjeux de la numérisation des armées](#), Rapport d'information n° 996, mai 2018, p. 130.

5. Valérie Mérindol et David W. Versailles, « [La dualité dans la stratégie des entreprises](#) », *Le Bulletin de l'Observatoire économique de la défense*, EcoDef n° 70, janvier 2015, p. 1.

Encadré 2. La dualité, le « bon compromis »

Selon Valérie Mérindol et David W. Versailles⁶, le principal intérêt d'adopter une stratégie de dualité est la recherche de la diversification des activités (nouveaux clients et nouveaux produits). En procédant ainsi, les entreprises de défense désirent lisser leur activité défense – très liée aux cycles d'équipements militaires – par des activités civiles – disposant d'une plus grande stabilité. Par exemple, les flux de trésorerie générés par l'activité défense sont très irréguliers et conditionnés par la commande publique. Cela est moins le cas pour les activités civiles ce qui permet de disposer de flux de trésorerie plus réguliers.

Par ailleurs, les entreprises duales sont capables de repérer les étapes du processus de production qui sont communes à une activité défense et une activité civile. Dès lors, elles deviennent capables de réaliser des économies d'échelle importantes qui peuvent se traduire par une augmentation de leur compétitivité. Cependant, l'activité militaire a des spécificités propres, comme illustré dans l'exemple ci-après. « Un cas emblématique concerne l'informatique embarquée de l'A400M par rapport à celle des avions de la gamme commerciale d'Airbus. Bien que les cockpits et les appareils se ressemblent, les fonctions sous-jacentes sont différentes (le système informatique doit prévoir le ravitaillement en vol, l'activation de l'auto-protection de l'appareil ou l'assistance pour porter l'assaut, par exemple). Ainsi, un développement totalement nouveau est requis à cause du volume très supérieur des exigences fonctionnelles sur la version militaire et du niveau de complexité très supérieur autour de la fusion d'informations⁷. »

Selon le *Calepin des entreprises internationales de défense*⁸, la part de l'activité défense dans le chiffre d'affaires (CA) total de ces entreprises s'élevait à 59 % en 2016 (ce qui est assez stable depuis 2013 où cette part était de 61 %) ⁹. Pour les entreprises de la base

6. *Ibid.*

7. *Ibid.*, p. 4.

8. Direction générale de l'armement, *Calepin des entreprises internationales de Défense 2017*, août 2017.

9. Ce chiffre est calculé en faisant une moyenne des pourcentages du CA défense dans le CA total des entreprises renseignées. Ainsi, nous avons effectué le calcul sur 49 entreprises. Par ailleurs, il convient de préciser que les périmètres des entreprises ont nécessairement évolué entre 2013 et 2016 ce qui limite la pertinence de la comparaison intertemporelle. Pour les chiffres mentionnés dans cette étude, nous avons uniquement considéré les chiffres du *Calepin des entreprises internationales de défense*.

industrielle et technologique de défense (BITD) française¹⁰ les chiffres sont similaires puisque la part des activités de défense dans le CA total était respectivement de 60 % et 61 % en 2016 et 2013. Ces chiffres montrent qu'en moyenne les entreprises de défense réalisent plus d'un tiers de leur CA dans des activités civiles et traduit une certaine interdépendance des processus de production civils et militaires, qui implique la prise en compte de l'agenda « civil » pour la phase de production d'un EM.

L'un des facteurs de dualisation des processus de production des EM est la proximité entre technologies militaires et technologies civiles. Tout d'abord, dans les premières phases du développement d'une technologie, il n'existe souvent pas de marquage « défense » ou « civil ». Ces considérations se posent surtout à partir du développement de démonstrateurs technologiques (*i.e.* à partir du TRL 6¹¹)¹².

Dans le même ordre d'idées, le travail de thèse de François-Xavier Meunier¹³ propose une analyse fine de la dualité en mettant la focale sur les « systèmes de connaissances technologiques » (SCT), ensembles cohérents constitués de technologies considérées comme proches qui sont définies à partir de données de brevets. Ainsi, il montre que certains SCT ont structurellement plus de « potentiel dual¹⁴ » que d'autres. Par exemple, l'étude du SCT des technologies relatives aux missiles montre une assez faible imbrication entre

10. Liste des entreprises considérées : Airbus, Dassault, Aviation, KNDS, MBDA, Naval Group, Renault Trucks Defense, Safran, Thales.

11. Il s'agit du niveau de maturité d'une technologie (TRL pour *technology readiness level*). Selon le Department of Defense américain, le TRL 6 correspond au stade de démonstrateur du système, qui implique l'adaptation à l'environnement d'utilisation finale. Ainsi, il apparaît nécessaire à ce stade que la technologie s'adapte aux spécificités des attentes du client.

12. Institut de relations internationales et stratégiques, [*Origines des technologies critiques dans l'industrie de défense en France : Spin-ins ou spin-offs entre la défense et le civil ? Traitement qualitatif et quantitatif*](#), Étude prospective stratégique n° 2014-54, octobre 2015.

13. François-Xavier Meunier, « Innovation technologique duale : une analyse en termes d'influence et de cohérence », thèse de Sciences économiques soutenue publiquement le 15 septembre 2017 à la Maison des sciences économiques.

14. Le potentiel dual repose sur le principe de coproduction technologique entre la sphère de défense et la sphère civile. Ainsi, pour un SCT donné, plus le potentiel dual est élevé, plus les coproductions technologiques entre acteurs civils et les acteurs de la défense sont possibles.

technologies civiles et technologies militaires – le SCT étant dominé par la technologie militaire. Pour le SCT des technologies relatives au moteur à réaction, l’auteur met en lumière l’existence d’un fort potentiel dual. Enfin, concernant le SCT des technologies relatives aux systèmes de communication (transmission de données numériques et réseau de communication), les résultats de François-Xavier Meunier¹⁵ montrent que le secteur de la défense est un secteur industriel parmi d’autres mais qu’il joue en revanche un rôle d’intermédiaire dans l’intégration de ces technologies dans le paysage technologique global (les détails méthodologiques sont fournis en annexe 6).

Cette proximité technologique ouvre la possibilité d’inclure un certain nombre de compétences et/ou de technologies civiles dans les EM. Ainsi, Didier Danet estime que, « [e]n dehors des consoles spécifiques qui équipent certains systèmes d’armes, les ordinateurs utilisés par les forces sont très proches de ceux utilisés dans le monde civil. Les systèmes de géolocalisation des matériels militaires ne sont pas très éloignés de ceux qui sont fournis aux entreprises pour les besoins de leurs activités logistiques. Les réseaux de transmission de l’information sont pour partie communs avec ceux du monde civil¹⁶ ». Cela se vérifie aussi dans la production de véhicules par « famille¹⁷ ». En effet, la proximité entre les technologies militaires et civiles permet aux entreprises de réaliser des économies d’échelle et de gamme sur des véhicules d’une même famille. Cela s’observe notamment dans les matériels terrestres, avec le cas du VAB¹⁸ ou du Mowag Eagle (dont les véhicules de la famille partagent 85 % d’éléments en commun).

15. François-Xavier Meunier, « Innovation technologique duale : une analyse en termes d’influence et de cohérence », *op. cit.*

16. Didier Danet, « [La stratégie militaire à l’heure des NTIC et du “Big Data” : Quelles hypothèses structurantes ?](#) », *op. cit.*, p. 130.

17. Une famille est un ensemble de variantes spécialisées sur la base d’une plateforme générique : transport de troupes, ambulance, poste de commandement, véhicule de réparation, etc. Voir Joseph Henrotin, « Les vikings à l’épreuve du feu. L’évolution des séries BV206S et BvS10 », *DSI Technologies*, n° 17, mai-juin 2009, p. 53-57.

18. Stéphane Ferrard, « L’incroyable VAB », *DSI Technologies*, n° 90, mars 2013, p. 90-92.

Encadré 3. Transfert de technologie entre la défense et le civil, *spin-in* ou *spin-off* ?

Les technologies civiles et militaires sont fortement imbriquées, au moins jusqu'à la conception de démonstrateurs (TRL 6). On appelle *spin-in* une situation dans laquelle les découvertes technologiques réalisées dans le domaine civil ont des retombées positives dans le domaine militaire. À titre d'illustration, un grand nombre de solutions à des problèmes de cybersécurité ont « initialement été développées pour le marché civil, avant d'être portées dans le marché de la défense¹⁹ ». Au contraire, un *spin-off* décrit une retombée positive d'une découverte militaire sur la recherche civile. L'exemple le plus connu est celui du développement de l'Internet aux États-Unis, dont la technologie avait initialement été élaborée au sein de la Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) (voir annexe 7).

Il est difficile de déterminer exactement les retombées croisées entre sphère civile et sphère militaire. Le *Livre blanc de la défense et de la sécurité nationale* de 2007 évoque que « 60 % de la recherche financée par la Défense [en France et en Europe] ont des retombées dans le secteur civil, contre 20 % seulement en sens inverse²⁰ ». Ceci illustrerait l'importance des effets de *spin-in* et de *spin-off* entre les technologies défense et civiles.

Malgré ces similarités technologiques, il serait illusoire, selon Emmanuel Chiva²¹, de penser que la Recherche et Technologie (R&T) civile pourra se substituer à la R&T militaire. Cela serait même une erreur dans un grand nombre de technologies critiques : « le domaine [militaire] nécessite des compétences particulières, qui ne sauraient être directement transposées, même si les technologies sont pour une part portées par le domaine civil²² ». L'auteur prend en particulier les exemples de la technologie de furtivité, qui reste une spécificité essentiellement militaire, mais aussi des moteurs hybrides civils qui sont aujourd'hui encore peu adaptés à l'utilisation militaire (notamment au niveau de l'autonomie des batteries).

19. Commission européenne, [Étude sur les synergies entre les marchés civils et la défense de la cybersécurité](#), Synthèse générale, Optimity Advisors, 2014, p. 10.

20. Ministère des Armées, [Le Livre blanc de la défense et de la sécurité nationale](#), La Documentation française, juin 2008.

21. Emmanuel Chiva, « [Innovation technologique de défense : ruptures et convergences](#) », *Défense & Industrie*, n° 7, juin 2016, p. 7-9.

22. *Ibid.*, p. 9.

Si la proximité technologique est un déterminant décisif pour expliquer la dualisation de la production des EM, un certain nombre d'autres facteurs accentuent les liens entre sphère civile et sphère militaire :

- L'essor du marché de la sécurité, et notamment de sa composante cyber²³.

- Le développement du *big data*²⁴ : les EM sont dotés d'un grand nombre de capteurs et autres systèmes d'information permettant de collecter une quantité importante de données. Cette croissance exponentielle du flux de données collectées²⁵ implique d'importants changements au niveau opérationnel (e.g. le développement du programme « Scorpion » dans l'Armée de terre)²⁶. La technologie relative aux traitements des données est par nature très duale.

- La proximité dans la formation des chercheurs militaires et civils favorise les échanges entre laboratoires militaires et laboratoires civils, avec pour conséquence une forte contiguïté des méthodes de recherche, par exemple pour les procédures de tests des produits²⁷.

En résumé, les conséquences de l'émergence d'un nouveau modèle économique industriel fondé sur la dualité des équipements militaires sont :

1. Une réduction attendue des coûts unitaires de production des EM par le biais de l'augmentation de l'échelle de production.

23. Commission européenne, [*Étude sur les synergies entre les marchés civils et la défense de la cybersécurité*](#), *op. cit.* ; Institut de relations internationales et stratégiques, [*Origines des technologies critiques dans l'industrie de défense en France : Spin-ins ou spin-offs entre la défense et le civil ? Traitement qualitatif et quantitatif*](#), *op. cit.*

24. Selon Didier Danet (« [La stratégie militaire à l'heure des NTIC et du "Big Data" : Quelles hypothèses structurantes ?](#) », *op. cit.*), l'importance de la maîtrise du *Big Data* est liée à « l'interconnexion généralisée des systèmes militaires de traitement automatisé de l'information et à leur ouverture multiforme sur le monde civil en termes d'équipement, de réseaux, de langages d'exploitation ».

25. Un rapport du CIES estime que « l'ARGUS-IS [Autonomous Real-Time Ground Ubiquitous Surveillance Imaging System], module d'information constitué de 368 capteurs mis au point pour l'armée américaine, collecte 6 millions de Go de données par jour » (CIES, [Enjeux du Big Data pour la Défense : Possibilités offertes aux Armées et enjeux de l'exploitation des données](#), juin 2017).

26. *Ibid.*

27. Michael Brzoska, « [Trends in global military and civilian research and development \(R&D\) and their changing interface](#) », *Proceedings of the International Seminar on Defence Finance and Economics*, 2006.

2. Une accentuation de la désynchronisation des cycles dans la production d'EM, d'autant plus marquée que les plateformes sont régies par les cycles longs de la défense, alors que les composants électroniques répondent aux logiques de cycles plus courts des acteurs industriels de la sphère civile.

Raccourcissement des cycles technologiques

Le raccourcissement des cycles technologiques engendre aussi des tensions sur les EM. Ce phénomène s'explique par un double constat : a) le raccourcissement des cycles technologiques dans le secteur civil et b) la démarche d'innovation ouverte mise en place par les industriels de la défense – et favorisée par divers dispositifs du ministère des Armées.

Tout d'abord, les évolutions technologiques civiles semblent s'intensifier. « Le domaine de la technologie est en effet régi par la loi de Moore, qui établit que la performance d'un microprocesseur double tous les deux ans environ. Si cette loi garde sa pertinence dans les 25 années à venir, comme ce fut le cas dans les 40 dernières années, nos puces, nos ordinateurs et nos robots seront 1 milliard de fois plus puissants qu'aujourd'hui²⁸. » Ces prédictions évoquent donc une évolution à taux croissant des transistors qui composent la plupart des équipements électroniques utilisés dans le civil et le militaire. Béla Nagy *et al.* ont réalisé une étude scientifique dans laquelle ils observent 62 technologies différentes entre 1970 et 2005, rassemblées en quatre grandes catégories (industrie chimique, celle du *hardware*, énergie et « autres »)²⁹. Les auteurs montrent qu'il existe en moyenne une amélioration exponentielle de ces technologies dans le temps. En d'autres termes, les évolutions des performances technologiques, et les changements technologiques afférents, tendent à s'accélérer et raccourcissent de fait les cycles technologiques. Ce phénomène s'est récemment accentué avec ce que certains experts

28. Peter W. Singer, « [La guerre connectée : les implications de la révolution robotique](#) », traduit de l'anglais par Valentine Deville-Fradin, *Politique étrangère*, n° 3, 2013, p. 92.

29. Béla Nagy *et al.*, « [Statistical basis for predicting technological progress](#) », *PLoS ONE*, 28 février 2013.

désignent par la « révolution numérique » ou « 4^e révolution industrielle³⁰ », qui se caractérise également par une accélération du cycle d'adoption (donc de l'intégration) de ces nouvelles technologies. Ainsi, selon l'article de Cédric Soares dans *L'Usine nouvelle*³¹, ce cycle a diminué de moitié ces dernières années pour se situer entre 2 et 5 ans en 2017. Cette accélération engendre une contraction des cycles technologiques civils, qui impacte le cycle de production des EM, compte tenu du caractère dual de ces technologies, qui y sont de plus en plus intégrées. Ainsi, les plateformes de drones suivent des cycles technologiques plus longs (5-10 ans) que leurs systèmes embarqués, qui suivent plutôt le rythme d'innovation de l'industrie de la téléphonie mobile et des télécommunications (soit 1 à 2 ans). Ce phénomène entraîne une accélération de l'obsolescence des EM (voir encadré 4).

Encadré 4. Les obsolescences des EM

Selon le Centre national de ressources textuelles et lexicales (CNRTL) l'obsolescence se caractérise par une « évolution tendant à rendre quelque chose périmé³² ». Dans le cadre d'un EM, l'obsolescence peut être principalement de trois natures³³ :

1. l'obsolescence technique correspondant à la non-disponibilité des rechanges ;
 2. l'obsolescence fonctionnelle liée à la non-interopérabilité d'un équipement ;
 3. l'obsolescence opérationnelle qui se traduit par un déclassement de la valeur opérationnelle d'un EM (diminution de sa performance opérationnelle).
-

30. Voir par exemple : <https://fr.weforum.org/agenda/2017/10/la-quatrieme-revolution-industrielle-ce-qu-elle-implique-et-comment-y-faire-face> (consulté le 11 juillet 2018).

31. Cédric Soares, « [Cinq choses à retenir du cycle de la hype 2017 des tendances technologiques établi par Gartner](#) », *L'Usine nouvelle*, publié en ligne le 17 août 2017.

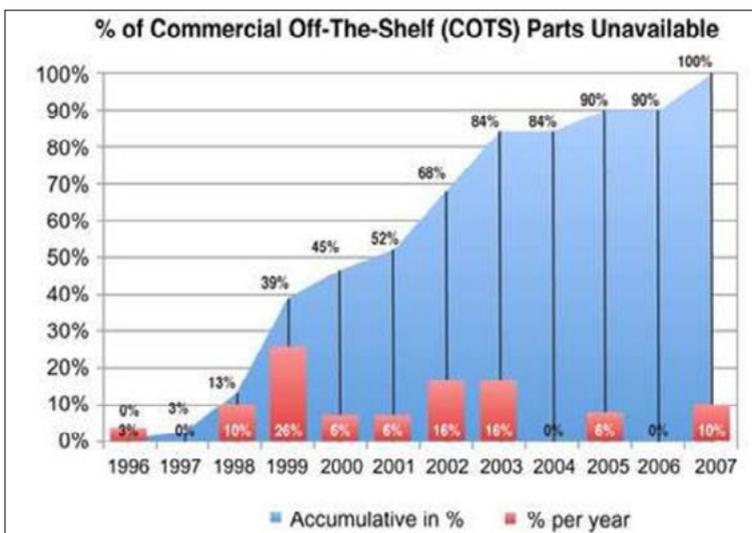
32. Disponible sur : <http://www.cnrtl.fr/definition/obsolescence> (consulté le 11 juillet 2018).

33. Pour un aperçu des stratégies de gestion de l'obsolescence voir Sébastien Le Nouaille *et al.*, « [Maîtriser les risques d'obsolescence : anticiper](#) », communications lors du 20^e congrès de maîtrise des risques et de sûreté de fonctionnement, octobre 2016, p. 4-11.

Ainsi, l'incorporation quasi systématique de composants électroniques « achetés sur étagère » (COTS³⁴) qui ont des cycles de vie de plus en plus courts, pose un problème de maintenance et d'obsolescence des EM. Sébastien Le Nouaille *et al.*³⁵ prennent l'exemple d'un sonar pour bateau dont les composants électroniques COTS sont très nombreux. La figure 1 montre que l'obsolescence accélérée des composants peut être problématique, car sa correction induit des coûts permanents et est nécessaire pour que l'obsolescence des composants n'engendre pas une obsolescence de la plateforme dans sa globalité.

Figure 1

Pourcentage de COTS devenant obsolètes au cours des 10 premières années de cycle de vie d'un sonar pour bateau



Sources : Sébastien Le Nouaille *et al.*³⁶ et NAVSURFWARCENDIV Crane

34. *Commercial off-the-shelf*.

35. Sébastien Le Nouaille *et al.*, « [Maîtriser les risques d'obsolescence : anticiper](#) », *op. cit.*

36. *Ibid.*, p. 3.

Un second facteur de raccourcissement des cycles technologiques est l'adoption par les industriels de la défense de nouveaux modes d'innovation inspirés du civil, telle que « l'innovation ouverte ». L'innovation ouverte repose sur l'exploitation « stratégique [de] sources d'idées à travers des collaborations fermées et/ou ouvertes rassemblant tous types de partenaires (concurrents, fournisseurs, utilisateurs, experts, etc.)³⁷ ». Ainsi, pour suivre les évolutions rapides des besoins opérationnels, les grandes entreprises de la BITD vont avoir tendance à s'ouvrir aux technologies développées dans le civil, à tous les stades du processus d'innovation (voir figure 2). Ce processus est plus flexible que les modes d'innovation traditionnels (dits « fermés ») et permet le développement rapide de nouveaux produits, services ou processus de production. Cette flexibilité les rend également plus adaptés à l'incertitude et aux changements de l'environnement d'utilisation des équipements. Dans cette optique, les systèmes devraient être conçus avec une architecture ouverte pour faciliter les logiques d'innovation incrémentale. Par exemple, des plateformes conçues sur une base industrielle civile avec des systèmes embarqués spécifiquement défense ont été réalisées. C'est le cas du Titus de Nexter dont le châssis et la suspension ont été développés en coopération avec l'industriel tchèque Tatra (spécialisé dans la fabrication de camions), ou l'Aravis de Nexter construit sur la base d'un châssis standard Unimog U5000³⁸ de Mercedes Benz³⁹.

Le Laboratoire opérationnel de recherche sur l'intégration des données et systèmes air-surface (Lorias) à Orléans constitue également un cas notable qui traduit cette évolution du modèle économique des industriels de la défense. Il s'agit d'un incubateur qui rassemble différents acteurs : militaires (CPA 10⁴⁰ des forces spéciales, BA 123⁴¹ d'Orléans-Bricy), une vingtaine de start-up, la société Thales et plusieurs entreprises du secteur

37. Romain Gandia *et al.*, « [Innovation ouverte et management de la propriété intellectuelle : quelles stratégies dans le secteur du jeu vidéo ?](#) », *Revue française de gestion*, n° 210, 2011, p. 111.

38. L'unimog U5000 est un véhicule 4x4 civil proposé par le constructeur en version « feux de forêt ».

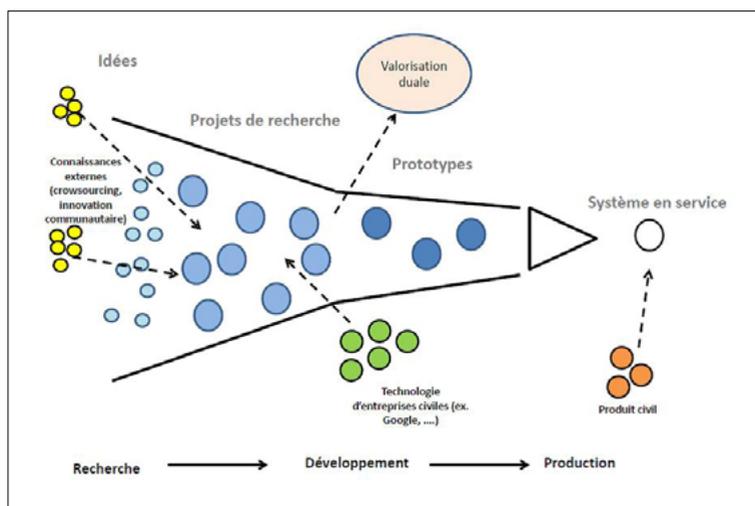
39. Sébastien Ferrard, « L'Aravis 4x4. La surprise de Nexter », *DSI Technologies*, n° 90, mars 2008, p. 90-92.

40. Commando parachutiste de l'air n° 10.

41. Base aérienne 123.

civil, dont Engie, Orange ou le Crédit agricole⁴². L'objectif est de favoriser les échanges entre innovations initialement destinées à des marchés civils mais ayant également des applications militaires, et réciproquement. Les entreprises de taille plus importante jouent un rôle d'accompagnateur financier et technologique pour les entreprises de plus petite taille. Les produits développés dans ce cadre sont pour le moment essentiellement dans le domaine des logiciels et des applications. La start-up Impact a ainsi été créée en 2012 par un ancien officier du CPA 10, et développe une cartographie « intelligente » capable d'agrèger des sources de données variées, dont des images collectées par drones. En France, on peut imaginer que ce type d'initiatives se développera plus largement, notamment avec la DGA et les pôles de compétitivité⁴³.

Figure 2
Processus d'innovation ouverte



Source : Josselin Droff, inspiré de Henry Chesbrough et al.⁴⁴

42. Stéphane Frachet, « Quand l'armée couvre ses start-up », *Air & Cosmos*, n° 2596, mai 2018, p. 18.

43. Sylvain Moura, « Le poids de la BITD dans les pôles de compétitivités », *Le Bulletin de l'Observatoire économique de la Défense*, EcoDef n° 72, juillet 2015.

44. Henry Chesbrough et al., *Open innovation researching a new paradigm*, Oxford, Oxford University Press, 2006.

D'autres illustrations de cette évolution du modèle d'innovation peuvent être citées :

- Le Bizlab⁴⁵ mis en place par Airbus est un accélérateur aérospatial ayant pour objectif de renforcer les liens entre des start-up et des collaborateurs du groupe dans le but de stimuler les projets d'innovations⁴⁶. Toujours chez Airbus, on peut noter l'adoption de la plateforme de management de l'innovation HYPE qui favorise l'émergence d'innovations collaboratives.

- La démarche *Open innovation* de Safran.

- Le lancement de l'accélérateur commun de la BPI avec le GIFAS⁴⁷ ayant comme objectif d'accélérer une soixantaine de PME-ETI des secteurs aéronautiques et spatiales.

Le ministère des Armées a également pris en considération ce phénomène d'accélération technologique et d'évolution de l'innovation, notamment en proposant des dispositifs *ad hoc* qui visent à capter l'innovation civile, afin de l'intégrer dans la conception et la production des EM. Dans un entretien avec H. Meddah pour *L'Usine nouvelle*, la ministre Florence Parly déclarait : « [t]ous ces acteurs [grandes entreprises, PME, start-up laboratoires] sont porteurs d'innovations qui peuvent bénéficier aussi bien au secteur civil que militaire et qui sont caractérisées par des cycles très courts, alors que la défense est plus classiquement habituée à une innovation qui s'inscrit dans des cycles longs⁴⁸ ». De la même manière, l'un des objectifs de la feuille de route ID (Innovation Défense) est de « tirer profit des boucles courtes technologiques du monde civil au profit des capacités militaires⁴⁹ ». L'objectif de ces démarches est de ne plus « subir » les cycles civils, mais de s'en servir comme moyen d'atteindre une plus grande performance

45. <https://www.airbus-bizlab.com/> (consulté le 13 juillet 2018).

46. On peut par exemple évoquer deux projets civils : JetLite (logiciel d'éclairage de cabine permettant de limiter les effets du décalage horaire) ou Inflight VR (logiciel de réalité virtuelle pour les passagers).

47. Groupement des Industries françaises aéronautiques et spatiales.

48. <https://www.usinenouvelle.com/article/la-course-au-rearmement-est-en-clenchee-annonce-florence-parly-la-ministre-des-armees.N698809> (consulté le 10 juillet 2018).

49. Jean-Jaques Patry, « [Armée de Terre et innovation : des machines et des hommes \(surtout\)](#) », *Défense & Industrie*, n° 11, juin 2018, p. 4.

opérationnelle. Parmi les initiatives menées par le ministère des Armées, nous pouvons noter :

- La création de l'Agence de l'innovation de défense au sein de la DGA, qui a pour objectif de fédérer les différents dispositifs existants. Au sein de cette agence, l'Innovation défense lab a pour objectif d'identifier les technologies développées dans le civil qui pourraient être utiles à la défense, dans une logique temporelle courte.

- La Mission pour l'innovation participative (MIP) pilote les actions spécifiques d'innovation participative⁵⁰ au sein du ministère des Armées, dont quelques exemples peuvent être cités : application SURICAD (application pour Smartphone signalant la présence de drones malveillants), dispositif GEOTAC (dispositif permettant via l'intelligence artificielle de suivre les déplacements d'un adversaire à partir de ses points d'intérêt logistique identifiés dans une zone donnée).

- Par ailleurs, diverses démarches de « défi » ont été lancées par le ministère des Armées⁵¹ : DEF'i achat, DEF'i développement durable, DEFFinance, DEF'i Management, DEF'i relations soutenant-soutenu, DEF'i Simplification. Toutes ces initiatives cherchent à capter les innovations en dehors des circuits traditionnels.

2. DES COÛTS IMPORTANTS ET CROISSANTS AU LONG DU CYCLE DE VIE

Le contexte de guerre froide a contribué au développement d'une vision technico-centrée caractérisée par la construction de « cathédrales technologiques », comme le char Leclerc ou le F-35⁵². Cela se traduit par l'apparition d'un mode de développement « par génération » des EM : « dès l'arrivée en service d'une plateforme, il est nécessaire d'engager le développement de sa remplaçante pour

50. L'innovation participative est une démarche de management structurée qui vise à stimuler et à favoriser l'émission, la mise en œuvre et la diffusion d'idées par l'ensemble du personnel en vue de créer de la valeur ajoutée et de faire progresser l'organisation.

51. Pour plus d'information, voir l'[Instruction n° 18620/ARMS/SGA/DIR](#) portant sur l'organisation de la semaine DEFInnov 2017 du 12 juin 2017.

52. Renaud Bellais et Josselin Droff, « Innovation et technologie dans l'armement : un modèle en nécessaire transformation », *Annuaire français de relations internationales 2017*, vol. XVIII, p. 777-791.

maintenir un gap technologique dans la course aux armements avec les adversaires potentiels⁵³ ». Cette vision se traduit par une complexification croissante des EM – la nouvelle génération intégrant davantage de contenu technologique que la précédente – ainsi qu’à une augmentation des coûts de possession liés à l’exploitation des matériels (voir encadré 5 pour des définitions). Comme évoqué précédemment, la dualisation et l’accélération technologique engendrent des coûts importants le long du cycle de vie des EM, ce qui conduit à s’interroger sur leur durée de vie opérationnelle effective.

Encadré 5. Les diverses sources dans l’augmentation des coûts des EM

Coût global de possession (CGP) : il s’agit de « la somme de l’ensemble des coûts supportés par l’utilisateur d’un matériel sur la durée de vie de ce dernier. Le CGP comprend généralement : les coûts d’acquisition (coûts d’étude et de R&D, d’investissement et de mise en service, de pilotage du projet), les coûts de possession liés à l’exploitation des matériels (carburant, maintenance, soutien logistique, coûts des infrastructures et autres coûts indirects) et parfois les coûts de retrait de service et de démantèlement⁵⁴ ».

Trois principaux types d’augmentation du CGP ont été identifiés :

- Escalade des coûts (*cost escalation*) : tendance haussière des coûts des équipements de défense par rapport aux changements de générations successifs.
 - Croissance des coûts (*cost growth*) : tendance à une augmentation des coûts le long de son cycle de vie. Le coût de la phase de développement et de production est souvent plus élevé que ce qui avait été envisagé dans la phase de conception. Cela se traduit notamment par un écart positif entre le coût final et ce qui avait été estimé dans les stades antérieurs (conception).
 - Inflation des coûts de défense (*defense inflation costs*) : augmentation des coûts à efficacité opérationnelle constante. Il s’agit d’une augmentation des coûts des matériels militaires sans qu’il y ait eu de changement de génération.
-

53. *Ibid.*, p. 779.

54. Josselin Droff, « [Le maintien en condition opérationnelle \(MCO\) des matériels de Défense : quelles tendances ?](#) », *Newsletter*, n° 4, Chaire Économie de défense, avril 2017, p. 2-14.

Sophistication des EM et coût global de possession

La recherche de l'avantage opérationnel sur un théâtre d'opération est souvent associée à l'incorporation de technologies nouvelles, plus performantes, dans les EM, ce qui engendre *de facto* une complexification croissante des nouvelles générations d'EM. Ce phénomène induit une escalade des coûts de défense, c'est-à-dire qu'il existe une tendance haussière des coûts des programmes militaires lorsqu'ils changent de génération. Or, les ressources des États ne suivent pas cette tendance ce qui implique des tensions budgétaires importantes, avec un risque sur la performance opérationnelle des forces armées à moyen terme. Ce phénomène, connu sous le nom de « Loi d'Augustine » est, pour le cas des États-Unis, résumé ainsi par Renaud Bellais et Josselin Droff : « l'innovation est devenue insoutenable d'un point de vue budgétaire [...] sans une maîtrise de l'évolution des coûts unitaires des équipements, le Pentagone ne pourra acheter qu'un seul avion en 2054 avec la totalité de son budget⁵⁵ ». Le tableau 1 montre que cette tendance haussière est aussi vérifiée en France : l'arrivée d'une nouvelle génération d'EM s'accompagne nécessairement d'une augmentation de son coût d'achat⁵⁶.

Cette complexification est inhérente aux changements de génération, du fait qu'il est, de surcroît, exigé des EM qu'ils soient davantage polyvalents, qu'ils satisfassent de nouveaux critères de performance opérationnelle, de contexte d'emploi, d'interopérabilité, etc.⁵⁷. La recherche de polyvalence des plateformes est notamment liée à la

55. Renaud Bellais et Josselin Droff, « Innovation et technologie dans l'armement : un modèle en nécessaire transformation », *op. cit.* Voir l'ouvrage de Norman Augustine pour un exposé plus complet de cette « loi » : Norman Augustine, *Augustine's Laws and major system development programs*, revised and enlarged, 2nd ed., New York, American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1983.

56. Le lecteur trouvera aussi d'autres informations sur la croissance du prix unitaire des EM dans l'annexe 9.

57. Pour Sophie Lefeez (« [Toujours plus chers ? Complexité des armements et inflation des coûts militaires](#) », *Étude de l'IFRI*, Focus stratégique n° 42, février 2013, p. 24), l'escalade des coûts est aussi en partie liée à la prise en compte croissante de considérations liées au confort, à la sécurité, etc. : « [a]insi, l'augmentation de déplacement du sous-marin Barracuda (de 4 000 t. à 4 650 t.) est due entre autres aux spécifications liées aux conditions de logement de l'équipage, plus conformes au regard de la réglementation de sécurité et santé au travail en vigueur ; cette évolution induit un surcoût évalué à 330 M€ ».

difficulté d'anticiper, depuis la fin de la guerre froide, les typologies et les modalités des conflits futurs. S'il est impossible de savoir à quoi ressemblera un théâtre d'opération dans 10 ans, il apparaît nécessaire de disposer d'EM qui soient les plus polyvalents possibles, car pouvant faire face à un grand nombre de situations potentielles. Or, comme le note Sophie Lefeez, « un appareil polyvalent sera plus cher qu'un appareil mono-tâche à cause non seulement des multiples fonctions qu'il faut développer mais encore des efforts pour ensuite les intégrer. En somme, l'expression du besoin s'est étoffée et cela s'est traduit par de nouveaux besoins techniques qui soulèvent d'importantes difficultés de conception⁵⁸ ». Ainsi, cette escalade des coûts s'explique en partie par les choix effectués dès en amont de la conception des EM, qui conduit à une complexification des plateformes, dans l'objectif de permettre aux militaires de disposer du meilleur avantage technologique sur un théâtre d'opération, quelle que soit la nature du conflit.

Tableau 1

Comparaison intergénérationnelle à l'achat (coût unitaire en euros constants)

Matériel précédent	Coût unitaire d'achat	Matériel nouveau	Coût unitaire d'achat
Char AMX-30	1-2 M€	Char Leclerc	16 M€
Véhicule de combat AMX-10P	1-2 M€	Véhicule blindé VBCI	4,5 M€
Porte-avions de Gaulle	3 G€	Porte-avions PA2	3,2 G€
Hélicoptère HAP	25,5 M€	Hélicoptère Tigre	75 M€
Hélicoptère TTH	24,7 M€	Hélicoptère NH90	50 M€
Avion Mirage 2000 monoplace	9,4 M€	Avion Rafale monoplace	50 M€

Sources : Sophie Lefeez⁵⁹, *Cour des comptes, Assemblée nationale, ministère des Armées, CPRA*⁶⁰ (ordre de grandeur).

58. *Ibid.*, p. 25.

59. Sophie Lefeez, « [Toujours plus chers ? Complexité des armements et inflation des coûts militaires](#) », *op. cit.*

60. Comité d'examen des prix de revient des fabrications d'armement (CPRA).

La menace d'un affrontement direct avec les forces armées russes pendant la guerre froide justifiait la production d'un grand nombre d'exemplaires d'EM. Cependant, avec la fin de la guerre froide et l'évolution de la menace vers des conflits à caractère plus asymétrique, disposer d'un grand parc de véhicules blindés ou d'avions de chasse n'est plus apparu approprié, le nouveau contexte stratégique étant a priori plus propice à l'intervention de contingents plus réduits sur de nouveaux théâtres d'opération. La conséquence directe de cette évolution a été une réduction des cibles en termes d'EM (réévaluation à la baisse des commandes passées auprès des industriels de défense), concomitamment à une baisse des budgets alloués à la défense. Cette évolution de la menace a aussi conduit à la professionnalisation des armées mise en place en 1997. Le tableau 2 illustre l'impact de cette évolution sur la baisse de l'utilisation des EM dans les armées. Ces changements à la baisse des séries participent par ailleurs à une augmentation du coût unitaire des grands programmes d'armement de « nouvelles générations ».

La réduction des séries est également la conséquence de l'évolution à la baisse des budgets de défense, et plus généralement de la volonté de contenir les dépenses budgétaires, les crédits alloués à l'équipement de défense ayant parfois eu le rôle de variable d'ajustement budgétaire, à travers notamment la réduction des cibles des programmes d'armement. Cependant, si le résultat final est une diminution du coût global, la diminution de l'échelle de production engendre par ailleurs une croissance des coûts unitaires de production. Ainsi, paradoxalement, l'escalade des coûts s'explique également par les décisions prises pour contenir le coût des programmes d'armement. À titre d'exemple, en 2010, la Cour des comptes estime que le coût total du programme d'hélicoptère de combat Tigre a diminué d'un tiers en raison d'une baisse de 135 unités commandées, tandis que le coût unitaire a dans le même temps augmenté de 78,1 %⁶¹. La Cour des comptes montre également que la baisse de 35,3 % du nombre de frégates FREMM commandées s'est accompagnée d'une diminution de 14,1 % du coût total du programme, tandis que, dans le même temps, le coût unitaire a bondi de 32,7 %⁶².

61. Cour des comptes, *La Conduite des programmes d'armement*, 2010, p. 50.

62. *Ibid.*, p. 50. Par ailleurs, le coût unitaire d'une frégate FREMM serait aujourd'hui de 800 millions d'euros au lieu de 482 millions au début du programme, soit une

Tableau 2

Diminution des matériels militaires au sein des trois armées

	1997	2008	2012	2015
Terre	135 régiments n.r. 1 081 canons 768 chars 508 hélicoptères	96 régiments 30 états-majors 231 canons 654 chars 378 hélicoptères	81 régiments 22 états-majors 157 canons 553 chars 308 hélicoptères	81 régiments 17 états-majors 157 canons 553 chars 301 hélicoptères
Air	52 bases aériennes n.r. 49 escadrons 10 radars CONTROL 10 défenses sol-air	37 bases aériennes 6 états-majors 35 escadrons 5 radars 9 défenses sol-air	29 bases aériennes 6 états-majors 31 escadrons 4 radars 5 défenses sol-air	29 bases aériennes 6 états-majors 30 escadrons 4 radars 5 défenses sol-air
Mer	9 bases aéronavales 6 états-majors 112 bâtiments de combat (hors SNLE) 196 aéronefs	6 bases aéronavales 6 états-majors 87 bâtiments de combat 178 aéronefs	5 bases aéronavales 6 états-majors 71 bâtiments de combat 138 aéronefs	4 bases aéronavales 6 états-majors 76 bâtiments de combat 132 aéronefs

Sources : *Military Balance, Lettre aux entreprises de la défense*⁶³

L'inflation des coûts de défense

Le ministère de la Défense britannique (MoD) s'est emparé très tôt de la question de l'inflation des coûts de défense⁶⁴ qu'il définit comme « le changement moyen des prix des biens et services figurant au budget de défense, à qualité et quantité constante⁶⁵ ». L'idée de cette mesure est la suivante : s'il apparaît en soi logique que les coûts des

hausse de près de 66 % (*La Tribune*, 27 août 2018, <https://www.latribune.fr/entreprises-finance/industrie/aeronautique-defense/fregates-fremm-le-mirage-de-la-cooperation-franco-italienne-776160.html>, consulté le 25 septembre 2018).

63. Cité in *ibid.*, p. 19.

64. Voir par exemple la *Smart Procurement Policy* : Ministry of Defence (MoD), *Smart Procurement*, Londres, 1997.

65. Ministry of Defence, *Background quarterly report: Defence inflation*, Londres, Ministry of Defence, 2014, p. 1.

EM s'accroissent avec une augmentation de leur performance opérationnelle, cela apparaît beaucoup plus problématique si cet accroissement se fait sans amélioration notable des performances (ou que celle-ci demeure marginale).

L'une des principales causes de l'inflation des coûts de défense vient du prix des facteurs de production au sens large (main-d'œuvre et matières premières notamment). En effet, pour un grand programme d'armement se déroulant sur le temps long (durée supérieure à 20 ans), le prix des facteurs de production variera nécessairement durant cette période, ce qui peut contribuer à l'augmentation du coût des programmes. Il existe très peu de marge de manœuvre pour atténuer les effets de l'évolution du prix des facteurs de production. En premier lieu, concernant le coût de la main-d'œuvre, le caractère stratégique des EM et de leur production rend difficilement applicables les stratégies de réduction du coût pratiquées habituellement dans le secteur civil, comme sa délocalisation. Ainsi, « le coût de la main-d'œuvre serait [...] l'une des explications de la différence de prix entre l'électronique de défense et les produits civils⁶⁶ ». Ces hausses des coûts du travail participent à accroître les coûts des EM sans que la performance opérationnelle en soit nécessairement accrue. Ainsi, pour Keith Hartley la hausse du coût du travail sur la période 2005-2011 est le principal facteur expliquant l'inflation des coûts de défense en Grande-Bretagne⁶⁷.

Les coûts des matières premières constituent ensuite un vecteur important d'évolution des coûts. Ainsi, la croissance des cours de l'acier (+ 38 %), de l'aluminium (+ 52 %) et du cuivre (+ 214 %) sur la période 2008-2009 a nécessairement engendré une augmentation des coûts d'achat par l'industriel pour les productions en cours. À titre d'exemple, le marché des Terres rares⁶⁸, métaux qui constituent un

66. *Ibid.*, p. 14.

67. Keith Hartley, « [UK defence inflation and cost escalation](#) », *Defence and Peace Economics*, 27:2, 2016, p. 184-207.

68. On peut lire dans le rapport de Benoît Rademacher *et al.* que « le terme de "Terres rares" est un nom collectif donné à un groupe de 15 à 17 éléments métalliques situés dans la 3^e colonne du tableau de classification périodique de Mendeleïev, pour des raisons à la fois historiques, géologiques et chimiques. Il s'agit des 15 lanthanides (numéros atomiques successifs 57 à 71 : lanthane, cérium, praséodyme, néodyme, prométhium, samarium, europium, gadolinium, terbium, dysprosium, holmium,

enjeu de premier plan pour la défense car présents dans de nombreux composants des EM (et plus généralement dans ceux issus des technologies duales), a connu en 2011 une très forte évolution à la hausse du fait des décisions prises par le gouvernement chinois, la Chine en étant le producteur prépondérant, ce qui rend les questions d'approvisionnement et de prix de ces matières particulièrement stratégiques⁶⁹.

Pour diminuer certains coûts, des stratégies d'externalisation⁷⁰ ont été mises en place par le ministère des Armées. Comme le souligne Violette Larrieu, le point de départ est la croyance que les mécanismes de marché sont supérieurs au secteur public pour contenir les coûts de défense. Ainsi, la réforme générale des politiques publiques (RGPP) amorcée en 2007 a donné lieu à des expérimentations d'externalisation en 2011 de certains services du soutien tel que l'habillement et la restauration⁷¹. Si ces projets ont été interrompus depuis au profit de la « régie rationalisée optimisée » (RRO), ils ont tout de même ouvert la question de la manière dont il peut être possible de lutter contre l'inflation des coûts de défense.

Les cas précédents illustrent des situations dans lesquelles la performance opérationnelle des EM n'évolue pas nécessairement, contrairement à leurs coûts. Cependant, une telle inflation s'observe aussi lorsqu'il existe une déconnexion entre l'effort financier et le résultat opérationnel attendu. Ainsi, d'après l'économiste Renaud Bellais, pour accroître la performance opérationnelle dans l'aéronautique de 5 %, une hausse de 25 % des coûts est nécessaire⁷². Ce phénomène s'explique en partie par le fait qu'aujourd'hui, les technologies dominantes dans les équipements de défense ont atteint « un plateau technologique » ce qui implique que, en dépit d'investissements croissants, leur

erbium, thulium, ytterbium et lutétium), de l'yttrium (numéro atomique 39) et du scandium (numéro atomique 21) » (Benoît Rademacher *et al.*, « Les Terres rares et la Défense », Document de travail interne, IRSEM).

69. *Ibid.*

70. « L'externalisation consiste à confier, en partie ou en totalité, à un ou des opérateurs extérieurs au ministère de la Défense, et ce quel que soit le mode de contractualisation, une fonction, une activité ou un service jusqu'alors assurés partiellement ou totalement en régie » (Directive n° 2596 du 26 mars 2013).

71. Violette Larrieu, « [La mise en œuvre des préceptes du New Public Management dans les soutiens des armées françaises : échec ou réussite ?](#) », *Les Champs de Mars*, n° 30, forum, 2018, p. 70-72.

72. Renaud Bellais, Séminaire d'économie de défense EHESS, 11 février 2010.

potentiel de croissance est de plus en plus faible au regard de leur efficacité opérationnelle. Selon Renaud Bellais et Josselin Droff, « [i]l est possible de constater que, du fait des épuisements du potentiel d'amélioration des technologies-clés, le développement de nouvelles générations d'équipements entraîne un coût marginal croissant⁷³ ». Ainsi, les potentialités opérationnelles les plus importantes sont réalisées en premier, ce qui implique que les améliorations suivantes seront moins bénéfiques. Ils poursuivent en constatant que « [l]es coûts de développement et de production deviennent exorbitants pour des gains de performances somme toute marginaux par rapport aux équipements déjà en service et avec des coûts d'usage et de soutien bien plus élevés du fait des choix techniques qui ont été faits pour rechercher les performances souhaitées⁷⁴ ».

Le débat autour du lien entre coûts et performance opérationnelle des EM est très lié à la question de la relation entre technologie et performance opérationnelle (voir figure 3). Comme le fait remarquer le rapport du CHEAr : « peut-on déduire des performances techniques qu'un hélicoptère Tigre équivaut opérationnellement à 5 ou 10 Gazelles, ou qu'un système Félin peut remplacer quatre ou cinq fantassins⁷⁵ ? ». Plus généralement, c'est la question de la « juste technologie » qui se pose⁷⁶. En effet, la croissance des coûts engendrée par la sophistication des EM peut se faire au détriment de la taille des Armées. Or, comme le note le général Desportes dans la préface du livre de Sophie Lefeez : « [d]es armées au format trop réduit sont finalement condamnées à l'impuissance, surtout quand les interventions extérieures se multiplient et se dispersent et que les théâtres d'opération s'élargissent⁷⁷ ». En raison de l'existence d'un plateau technologique, tout accroissement de la performance opérationnelle par l'incorporation de technologies plus sophistiquées s'avère de plus en plus coûteux.

73. Renaud Bellais et Josselin Droff, « Innovation et technologie dans l'armement : un modèle en nécessaire transformation », *op. cit.*, p. 780.

74. *Ibid.*, p. 781.

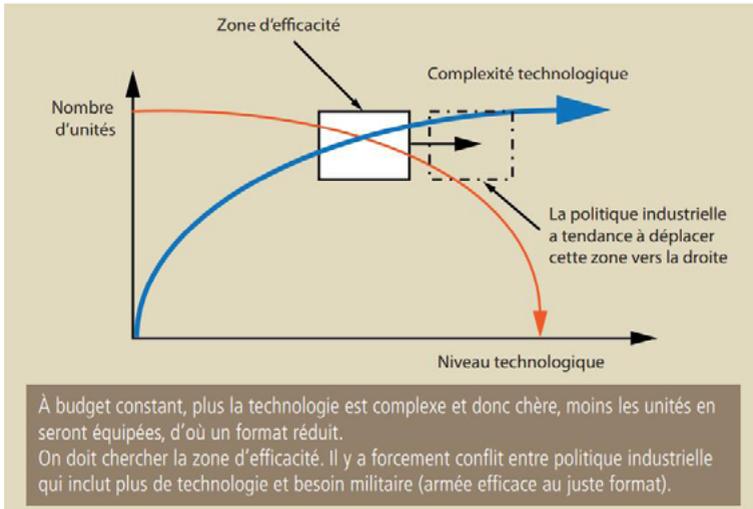
75. *Ibid.*, p. 132.

76. Vincent Desportes, « Armées : "technologisme" ou "juste technologie" », *Politique étrangère*, LXXIV:2, 2009, p. 403-418.

77. Sophie Lefeez, *L'illusion technologique dans la pensée militaire*, Nuvis, 2017.

Figure 3

Lien technologie-performance opérationnelle



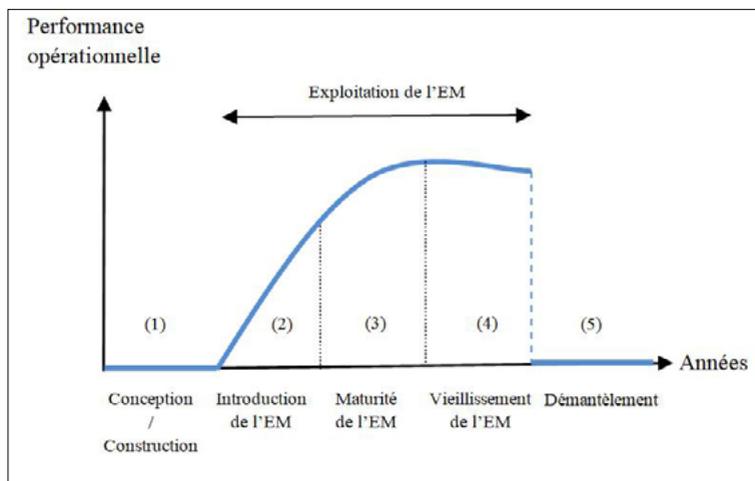
Source : Rapport du Centre des hautes études de l'Armement (CHEAr)⁷⁸

La croissance des coûts des EM le long de leur cycle de vie

Un autre problème inhérent à la conduite des grands programmes d'armement est la sous-estimation chronique des coûts des EM (croissance des coûts). Cette sous-estimation est intrinsèquement liée à l'évolution constante de la nature des théâtres d'opération, d'autant plus que les programmes d'armement s'inscrivent dans le temps long. Le raisonnement en termes de cycle de vie – illustré par la figure 4 – apporte un éclairage pour identifier la croissance des coûts.

78. Centre des hautes études de l'armement (CHEAr), *La Course technologique en matière d'armement : une nécessité qui peut être maîtrisée ou, au contraire, un risque technologique déconnecté de la réalité opérationnelle et géostratégique*, 45^e session nationale, 2009, p. 119-193.

Figure 4
Cycle de vie d'un EM



Source : auteurs

Un cycle de vie d'un EM comporte cinq phases distinctes ayant chacune leurs spécificités en matière de performance opérationnelle et de coûts associés. À titre d'exemple, pour les navires militaires de classe FREMM, le cycle de vie est de 40 à 50 ans⁷⁹. On distingue tout d'abord la phase de conception/construction d'un EM en fonction des besoins exprimés selon les modalités fixées par l'Instruction générale 1516. La longueur de cette phase dépend fortement du type d'EM considéré (durée de 10 ans pour les FREMM), tout comme les coûts associés qui sont liés à la sophistication souhaitée de l'EM et à la proximité existante avec les technologies déjà maîtrisées par le plate-formiste. Au cours de la phase 1, la performance opérationnelle est nulle par définition car les EM ne sont pas entrés en service. La deuxième phase consiste en l'introduction de l'EM dans les forces armées. Elle est caractérisée par un temps de familiarisation entre les militaires et le nouvel EM. Cela se traduit par des coûts de formation importants, des coûts d'interopérabilité

79. Toutes les données utilisées dans ce paragraphe concernant les fréquences FREMM sont issues de <https://www.defense.gouv.fr/marine/magazine/le-cycle-de-vie-d-un-navire/le-cycle-de-vie-d-un-navire> (consulté le 11 juillet 2018).

transitoires, ainsi que par une performance opérationnelle croissante : toutes les potentialités ne sont pas encore maîtrisées et toutes les adaptations n'ont pas encore été réalisées. La phase 3 est celle de la maturité des EM. Les forces armées connaissent le matériel et disposent de l'expérience nécessaire pour savoir dans quelles situations la performance opérationnelle est la plus grande. Par ailleurs, les coûts d'interopérabilité diminuent – mais ne sont pas non plus nuls car l'EM doit s'adapter à l'apparition de nouveaux matériels qui sont en phase d'introduction – tandis que les coûts d'entretien augmentent en raison de la hausse de l'âge moyen du parc. La quatrième phase correspond au vieillissement des EM : leur disponibilité diminue car la nécessité du maintien en condition opérationnelle (MCO) est croissante (voir encadré 6) et leur performance opérationnelle décroît en raison des stratégies d'adaptation des ennemis sur les différents théâtres d'opération. Les phases 2, 3 et 4 correspondent à l'exploitation d'un EM et durent 30 ans pour les FREMM. La cinquième et dernière phrase correspond au démantèlement (4-5 ans pour les FREMM). Elle est caractérisée par des coûts importants et *de facto* l'absence de performance opérationnelle car les EM ne sont plus mobilisés sur les théâtres d'opération.

Encadré 6. Le maintien en condition opérationnelle (extrait⁸⁰)

Le maintien en condition opérationnelle des matériels militaires regroupe trois types de dépenses⁸¹ :

- Les dépenses d'entretien programmé des matériels (EPM) qui sont les achats de prestations et de pièces de rechange auprès des prestataires privés ou publics (plus de la moitié des MCO).
- La masse salariale de la main-d'œuvre interne au ministère (plus de 40 % de la dépense totale du MCO).

Les dépenses d'investissement et d'entretien des infrastructures et des équipements dédiés peuvent aussi être ajoutées (moins de 5 % de la dépense totale du MCO). Elles participent indirectement au bon fonctionnement des matériels militaires. Elles relèvent d'une conception large du MCO.

80. Sylvain Moura, « [Le maintien en condition opérationnelle des matériels militaires : où sont les clusters ?](#) », *Le Bulletin de l'Observatoire économique de la Défense*, EcoDef n° 95, juillet 2017.

81. Cour des comptes, [Le Maintien en condition opérationnelle des matériels militaires](#), La Documentation française, septembre 2014.

Des études – principalement réalisées par la RAND Corporation – montrent que les coûts des EM se concentrent dans les phases de maturité et de déclin⁸². Ces études, fondées sur la technique du *life cycle cost*⁸³, montrent par exemple que les coûts d'utilisation (hors inflation) augmentent de 1 à 3 % chaque année de vie opérationnelle pour les appareils de l'US Air Force⁸⁴. Ce processus cumulatif, qui engendre donc des coûts croissants tout au long du cycle de vie des EM, pose la question de l'arbitrage « maintenance-acquisition » : à partir de quel moment est-il préférable d'acquérir un nouvel EM plutôt que de maintenir l'existant en condition opérationnelle ? Toujours dans le cadre d'un travail commandé à la RAND Corporation par l'US Air Force, Edward G. Keating et Matthew C. Dixon⁸⁵ étudient le cas de l'avion ravitailleur KC-135R⁸⁶. La figure 5 montre clairement qu'il existe une relation croissante entre l'âge moyen du parc et le nombre d'heures de maintenance nécessaires par avion. Chaque heure de maintenance étant coûteuse, on peut donc en déduire que la relation est aussi croissante entre l'âge moyen du parc et les coûts de maintenance associés.

82. En France, les études sont plus rares sur ces questions. Le rapport Grall 2011 estime que « le schéma ordinaire d'évolution des dépenses [prend la forme] d'une courbe "en U". L'entrée en service d'un nouvel équipement demande en effet d'importantes dépenses pour déployer sa chaîne logistique et le mettre en œuvre. Ces besoins diminuent très rapidement dès lors que le matériel est pleinement opérationnel ; ils augmentent de nouveau de façon conséquente en fin de vie en raison de l'usure de l'équipement. [...] De même, la technologie ayant parfois fortement évolué depuis l'entrée en service du matériel, les industriels ne disposent plus forcément de l'expertise et du savoir-faire pour traiter des matériaux ou des conceptions anciens. De ce fait, la fin de vie est plus coûteuse » (Commission de la défense nationale et des forces armées, *La Fin de vie des équipements*, *op. cit.*, p. 48).

83. Cette méthode permet de répartir le coût total d'un équipement sur sa durée d'utilisation. Cet outil est intéressant pour notre étude car cela ventile le coût d'un système d'armement sur l'ensemble de sa durée de vie. Cela permet donc de savoir s'il existe un moment « optimal » sur le plan économique pour vendre un matériel.

84. Victoria A. Greenfield et David M. Persselin, *An economic framework for evaluating military aircraft replacement*, RAND Corporation, Air Force Project, 2002.

85. Edward G. Keating et Matthew C. Dixon, *Investing Optimal Replacement of Aging Air Force Systems*, RAND Corporation, Project Air Force, 2003.

86. Dans leur rapport, Edward G. Keating et Matthew C. Dixon étudient aussi l'avion C-21A et trouvent des résultats similaires sur la relation entre âge et coûts de maintenance.

Par ailleurs, Thierry Kirat et Denis Bayon notent que ces « appareils [de l'US Air Force] doivent subir tous les 60 à 66 mois, une révision complète (*Programmed Depot Maintenance*) au sein des forces (corrosion, fuite, casse, etc.). Celle-ci se déroule dans l'une des trois bases principales de l'Air Force. Bien qu'il s'agisse de réparations standard, une régression montre que les heures de maintenance par avion ont crû en moyenne de 7,2 % par an⁸⁷ ». Selon les auteurs, cette croissance des coûts tient principalement à l'augmentation des coûts de maintenance, elle-même très liée à l'âge moyen du parc⁸⁸. Pour le cas français, l'importance croissante des coûts de MCO est aussi notable. En effet, comme le note Sylvain Moura, « l'entretien programmé des matériels s'élève à 3,4 M€ en 2017 et croît sur toute la durée de la loi de programmation militaire 2014-2019⁸⁹ ». L'ampleur de la croissance des coûts relatifs au MCO ne semblait pas avoir été anticipée, ainsi le général Verna, alors directeur central du matériel de l'Armée de terre, estimait dès 2006 que les tendances statistiques passées ne permettaient plus de faire des prédictions fiables de coût de MCO⁹⁰. De surcroît, les coûts de MCO des EM de « nouvelle génération » sont tendanciellement plus élevés, comme indiqué dans le tableau 3, qui compare les coûts d'entretien annuels de certains EM français.

87. Thierry Kirat et Dennis Bayon, « [Contrats d'acquisition, maintenance et coût global de possession : comparaison dans le domaine de l'aéronautique entre la France, le Royaume-Uni, les États-Unis et l'OTAN](#) », HAL, archives ouvertes halshs-00004201, 2004.

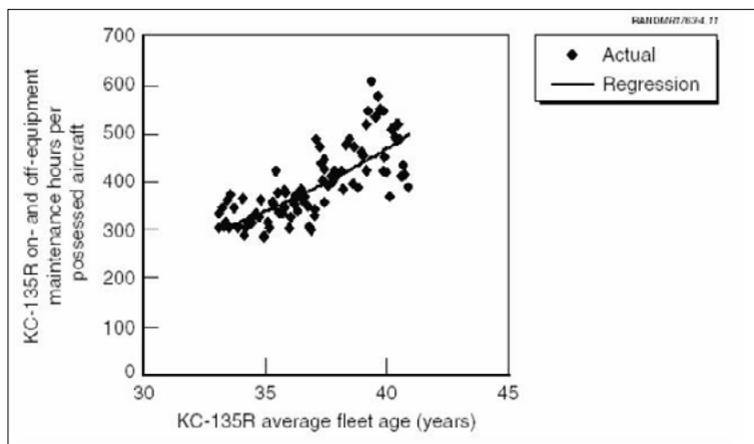
88. Voir l'annexe 10 pour un aperçu de l'âge moyen de certains EM français.

89. Ministère des Armées, *Projet de loi de finances 2017*, DICOd, ministère des Armées, 2016, cité in Sylvain Moura, « [Le maintien en condition opérationnelle des matériels militaires : où sont les clusters ?](#) », *op. cit.*

90. Sophie Lefeez, « [Toujours plus chers ? Complexité des armements et inflation des coûts militaires](#) », *op. cit.*, p. 40. Ce phénomène n'est pas propre à l'armée française. À titre d'exemple, Victoria A. Greenfield et David M. Persselin indiquent que, dans le cas de l'US Air Force, « beaucoup des problèmes associés au vieillissement des matériels ont émergé avec peu voire aucun avertissement » (Victoria A. Greenfield et David M. Persselin, [An economic framework for evaluating military aircraft replacement](#), *op. cit.*, p. 10.

Figure 5

Relation âge/heures de maintenance par avion



Source : Edward G. Keating et Matthew C. Dixon⁹¹

Les récentes opérations extérieures (OPEX) menées par la France ces dernières années – telles l’opération Serval, puis Barkhane dans la bande sahélo-saharienne, l’opération Chammal au Levant, ou encore l’opération Sangaris en République centrafricaine – ont également un impact important sur l’entretien des EM. Ainsi, Josselin Droff et Julien Malizard estiment que les conditions extrêmes des OPEX sont à l’origine d’une usure 6,7 fois plus rapide des véhicules de l’avant blindé (VAB), par rapport à une utilisation en métropole⁹². Par conséquent, il existe également des coûts croissants liés à l’entretien et la maintenance, coûts qui sont renforcés par un usage plus intensif de certains EM sur de nouveaux théâtres d’opération. À cet égard, les auteurs mettent en avant le fait que l’augmentation de ces coûts pose des problèmes de soutenabilité budgétaire, mais également de soutenabilité opérationnelle pour les armées.

91. Edward G. Keating et Matthew C. Dixon, *Investing Optimal Replacement of Aging Air Force Systems*, op. cit., p. 22.

92. Josselin Droff et Julien Malizard, « [Analyse économique de la soutenabilité des opérations extérieures](#) », *Les Champs de Mars*, n° 30, forum, 2018, p. 377-388.

Tableau 3**Augmentation des coûts d'entretien annuels**

Matériel précédent	Coût d'entretien annuel du matériel précédent	Matériel nouveau	Coût d'entretien annuel du matériel nouveau
Hélicoptère Gazelle	1,5 M€	Hélicoptère Tigre	15 M€
Hélicoptère Puma	4 M€	Hélicoptère NH-90 TTH	10 M€
Avion Super-Étendard modernisé	10 M€	Avion Rafale Marine	15 M€
Avion Mirage	5 M€	Avion Rafale	17 M€

Source : estimations proposées par Sophie Lefeez⁹³

93. Sophie Lefeez, *L'Illusion technologique dans la pensée militaire*, op. cit., p. 35.

II. ÉLÉMENTS D'ANALYSE PROSPECTIVE SUR LA DIMINUTION DE LA DURÉE DE VIE OPÉRATIONNELLE AFFECTIVE DES EM

Le chapitre précédent insiste sur deux tendances structurantes : l'accélération des cycles technologiques et l'augmentation des coûts des EM. Ces éléments ont pour cause principale, si aucun ajustement n'est réalisé, de rendre le modèle de production d'armements peu soutenable. Différentes solutions visant à limiter les coûts d'équipement de défense¹, la présente étude se focalise spécifiquement sur l'une d'entre elles : la réduction de la durée de vie opérationnelle effective des EM par le biais des exportations. En France, cette solution est aujourd'hui pratiquée de façon marginale : « [à] l'exception de quelques opérations très symboliques comme la vente du *Foch* ou des 12 *Mirage 2000* au Brésil, la France ne vend d'occasion pratiquement que des pièces de rechange et des équipements légers² ». Cependant,

1. Par exemple, Mark V. Arena *et al.* listent un certain nombre de stratégies envisageables pour accroître la soutenabilité des politiques de défense : 1. limiter la croissance des spécificités dans les contrats ; 2. volonté de rabaisser les ambitions en termes de capacités opérationnelles ; 3. augmenter la performance de l'industrie de défense (favoriser les exportations, amélioration du processus industriels de fabrication de systèmes d'armes, favoriser les collaborations internationales) ; 4. adopter une stratégie d'acquisition plus adaptée au véritable besoin (Mark V. Arena *et al.*, [*Historical cost growth of completed weapon system programs*](#), RAND Corporation, Project Air Force, Technical report, 2016).

Une autre stratégie est de faire appel à des « financements innovants » pour supporter les coûts croissants des EM. Par « financements innovants », il faut comprendre le recours à « différentes catégories d'opérations financières, ayant en commun de faire moins appel aux crédits budgétaires – notamment aux crédits d'investissement – que le schéma classique de l'acquisition patrimoniale des équipements des armées et de leur entretien assuré en régie » (Commission de la défense nationale et des forces armées, « [*Défense, Équipement des forces – dissuasion*](#) », *Avis n° 273 fait au nom de la commission de la défense nationale et des forces armées sur le projet de loi de finances pour 2018 (n° 235)*, t. VII, octobre 2017).

Le lecteur intéressé peut se référer à la présentation de Jean Belin sur cette thématique : « [*Quels modes de financement chez nos principaux partenaires ?*](#) », intervention réalisée le 16 novembre 2017 à la Maison de la Chimie.

2. Commission de la défense nationale et des forces armées, [*La Fin de vie des équipements*](#), *op. cit.*, p. 83.

cette stratégie est utilisée par un grand nombre de pays de l'Union européenne comme l'atteste l'annexe 3.

Ce chapitre aborde trois avantages majeurs liés à une stratégie de réduction de la durée de vie opérationnelle effective des EM par l'exportation : 1) la baisse des coûts d'entretien, 2) un potentiel de meilleur appariement des EM aux besoins militaires et 3) une stimulation de l'activité de la BITD française.

Le premier argument est le corollaire du chapitre précédent. En effet, les coûts d'entretien des EM étant concentrés sur la fin de leur cycle de vie³, toute diminution de leur durée de vie opérationnelle effective conduira mécaniquement à une baisse de ces derniers. Pour déterminer exactement les termes de l'arbitrage « maintenance-acquisition », des études plus approfondies sont nécessaires pour déterminer – d'un point de vue économique – la durée de vie opérationnelle effective optimale des EM. Si l'argument de la réduction des coûts de défense a été largement discuté, les deux autres bénéfiques potentiels d'une diminution de la durée de vie opérationnelle effective des EM font l'objet de la discussion ci-dessous.

1. UNE DURÉE DE VIE OPÉRATIONNELLE EFFECTIVE PLUS COURTE PERMETTRAIT UNE MEILLEURE ADAPTATION DE LA TECHNOLOGIE AUX BESOINS OPÉRATIONNELS

La conduite des programmes d'armement est un processus long qui a pour objectif de concevoir et réaliser les armements les plus adaptés aux besoins opérationnels des forces armées (voir encadré 7 pour une description de l'Instruction générale 1516). Cela nécessite à la fois que la longueur du cycle de vie des EM n'entrave pas la performance opérationnelle des forces armées déployées, mais aussi que les besoins exprimés soient correctement retranscrits en capacités des systèmes d'armes conçus.

3. Victoria A. Greenfield et David M. Persselin, *An economic framework for evaluating military aircraft replacement*, *op. cit.* ; Edward G. Keating et Matthew C. Dixon, *Investing Optimal Replacement of Aging Air Force Systems*, *op. cit.*

Encadré 7. L'instruction générale 1516

Le texte qui régit le déroulement et la conduite des opérations d'armement est l'instruction générale 1516⁴. Elle a vocation à traduire les besoins émis par les forces armées en achats industriels. L'instruction scinde en six « stades » le processus d'acquisition d'armement, allant de l'initialisation du processus d'expression des besoins au retrait du service opérationnel du matériel. L'idée générale est que l'expression du besoin opérationnel est principalement réalisée par l'EMA, tandis que l'interface entre les opérationnels et l'industrie de défense se fait principalement par la DGA. Ainsi, à ce jour, les différents stades sont : l'initialisation (sous la responsabilité de l'EMA), l'orientation (EMA), l'élaboration (DGA), la réalisation (DGA), l'utilisation et le retrait du service. Les rôles de l'EMA dans chacun des stades sont cités dans l'annexe 1. Dans son discours du 5 juillet 2018⁵, la ministre Florence Parly a précisé : « [n]ous allons donc simplifier les procédures d'acquisition d'armement, donner plus de souplesse, plus de capacité à intégrer l'innovation, en cherchant de nouveaux véhicules juridiques, de nouvelles modalités de financement et en revoyant la fameuse instruction "1516". Les programmes d'armement comporteront maintenant 3 phases : préparation, réalisation, utilisation, contre 6 actuellement ».

Cycle de vie d'un EM et performance opérationnelle

La longueur de la durée de vie opérationnelle effective des EM est une question décisive, notamment dans un contexte stratégique et technologique très changeant (*cf. supra*). L'existence d'un long délai entre l'expression initiale du besoin et la livraison des EM peut dégrader la performance opérationnelle des armées à plusieurs niveaux.

Tout d'abord, il est possible que le matériel pensé quelques décennies auparavant ne soit plus nécessairement bien adapté aux théâtres d'opération actuels. Il s'agit d'une conséquence inévitable liée à la différence de temporalité entre l'évolution des théâtres d'opération et celle des grands programmes d'armement, qui s'inscrivent dans

4. Instruction générale n° 125/DEF/EMA/PLANS/COCA – n° 1516/DEF/DGA/DP/SDM relative au déroulement et à la conduite des opérations d'armement (<http://circulaires.legifrance.gouv.fr/index.php?action=afficherCirculaire&hit=1&r=30933>, consulté le 13 juillet 2018).

5. Florence Parly, *Discours du 5 juillet 2018 sur la transformation de la DGA*, *op. cit.*

le temps long. En particulier, le fait qu'un EM soit parfois utilisé pendant 30 ans pose un problème d'équipement des forces. En effet, sur un théâtre d'opération extérieur, la maîtrise topographique de l'armée française est souvent moins grande que celle de ses opposants. Pour combler cela, l'avantage technologique est souvent recherché. Comme l'évoque un ancien industriel, « l'important est de donner à nos forces la "discriminance" », c'est-à-dire le « coup de pouce » sur un théâtre d'opération qui permettra de vaincre. Pour cela, la modernité des équipements est centrale⁶. En premier lieu, les plateformes des programmes d'armement sont fondées principalement sur l'expression des besoins opérationnels passés⁷. Or, le contexte technologique actuel (développé ci-dessus) rend l'expression des besoins beaucoup plus « complexe, du fait de l'évolution rapide des technologies ; comme le dit le général Jean-François Ferlet, "il y a cinq ans, on imaginait à peine les outils que nous utilisons aujourd'hui"⁸ ». Une diminution de la durée de vie opérationnelle effective des EM permettrait donc de disposer de matériels dont la caractérisation technique serait moins décalée avec les besoins opérationnels immédiats.

Un second point associant performance opérationnelle et cycle de vie des EM est le fait que la longueur d'utilisation d'un matériel est étroitement liée à la possibilité de stratégies d'adaptation ennemies. En effet, avec le développement des technologies de l'information et de la communication, il devient envisageable que des groupes armés non étatiques soient en mesure de détecter les vulnérabilités des systèmes d'armes déployés par l'armée française à partir de leurs expériences passées. Ce phénomène est renforcé par l'existence de l'Internet et des réseaux sociaux qui permettent par exemple le partage de tactiques pour contrer des matériels couramment utilisés par les forces

6. Il convient de distinguer la « modernité » d'un équipement avec sa sophistication. Un EM moderne n'est pas nécessairement caractérisé par le degré de complexité technologique le plus avancé.

7. Des éléments de retour d'expérience (RETEX) et des nouvelles technologies sont incorporés tout au long de la durée de vie de l'EM. Cependant, son *design* initial – élément le plus structurant – est bien lié à des besoins opérationnels exprimés par le passé.

8. Commission de la défense nationale et des forces armées, [*Les Enjeux de la numérisation des armées*](#), *op. cit.*, p. 74.

occidentales. L'ouvrage de Sophie Lefeez⁹ évoque le cas des engins explosifs improvisés (EEI) en Afghanistan post 2004. Pour se protéger des EEI, les armées occidentales ont développé des véhicules ayant des châssis en V. Devant la réaction technologique des Occidentaux, les combattants afghans se sont adaptés et ont changé leur méthode (e.g. en creusant de multiples trous factices pour empêcher les détections des EEI ou en utilisant des charges creuses directionnelles)¹⁰. Il existe donc des EM pour lesquels une durée de vie opérationnelle effective longue peut s'avérer contre-productive d'un point de vue opérationnel.

Un troisième élément est associé à l'existence de « technologies nivelantes », c'est-à-dire qu'elles permettent de mettre les combattants civils au même niveau que les armées régulières sur un théâtre d'opération. On peut citer les technologies de l'information et de la communication (réseaux sociaux, Internet notamment), mais aussi l'impression 3D ou encore l'utilisation de drones commerciaux à des fins militaires. Ce dernier élément a été observé dans la bataille de Mossoul (2016-2017) : l'organisation État islamique armait des drones civils de grenades¹¹. Disposer d'EM ayant des cycles de vie plus courts permettrait de mieux incorporer ces technologies dans les matériels et d'être moins vulnérables. Pour conclure, comme le note un rapport de l'IHEDN, une durée « excessive du processus d'acquisition des matériels (incluant une longue phase de qualification), induisant des ajustements (techniques, capacitaires, budgétaires) avant la livraison et/ou pouvant générer des inadéquations au besoin actualisé ou des obsolescences à traiter dès le début du stade d'utilisation¹² ».

9. Sophie Lefeez, *L'illusion technologique dans la pensée militaire*, op. cit.

10. Un autre exemple d'adaptation ennemie peut être observé avec le développement de techniques nouvelles par Daesh suite au brouillage de certains de leurs EEI radiocommandés (e.g. contact, interruption de faisceau, commande filaire).

11. Voir par exemple <http://www.opex360.com/2016/11/16/etat-islamique-utilise-des-drones-dotes-de-grenades-mossoul/> (consulté le 16 juillet 2018). Peter W. Singer évoque un autre exemple, celui du piratage de systèmes inhabités de l'armée américaine en Irak : « les insurgés n'ont eu besoin pour ce faire que d'un logiciel à 29 dollars, acheté sur un site Internet russe – logiciel initialement conçu pour le téléchargement illégal de films » (Peter W. Singer, « [La guerre connectée : les implications de la révolution robotique](#) », op. cit., p. 97).

12. IHEDN, *Compte tenu de la rupture technologique que constitue la numérisation, l'écosystème de l'armement peut-il et doit-il être ubérisé à l'horizon 2025 ?*, op. cit., p. 23.

La durée de vie opérationnelle des EM s'accompagne aussi d'un grand poids économique et opérationnel des programmes d'armement. En effet, le cycle de vie de certains EM engendre des dépendances économiques (si on arrête un programme, cela aura des conséquences majeures sur la BITD française¹³) et opérationnelles importantes (en raison du durcissement de la contrainte budgétaire française, il y a une éviction des programmes courts par des programmes longs limitant les alternatives). Cela a pour conséquence que les programmes d'armement sont longs et ne peuvent pas être changés rapidement pour suivre les évolutions des théâtres d'opération. Comme le note Samuel B. H. Faure à propos du char Leclerc : « Le gouvernement français a maintenu ce programme d'armement national coûteux à la suite de l'éclatement de l'URSS, alors que le char Leclerc¹⁴ visait à répondre à la menace du pacte de Varsovie dans le contexte de la guerre froide¹⁵. » La principale raison était que l'arrêt de ce programme a été jugé encore plus coûteux que son maintien. Ces éléments incitent à une « dualisation » des marchés d'équipements des forces. La ministre Florence Parly, dans son discours du 5 juillet 2018¹⁶ a

13. La question des compétences stratégiques est traitée en détail dans le chapitre II, § 2, « Le maintien des compétences stratégiques ».

14. « [P]résenté et conçu pour être le "meilleur char du monde", ses spécifications devaient lui permettre de compenser l'ascendant numérique soviétique grâce à des performances techniques supérieures. Elles restent encore inégalées à ce jour, pourtant ce char entré en service en 1998 a peu servi en opération. Quinze chars Leclerc ont été déployés au Kosovo de 1999 à 2002 et treize Leclerc [...] ont été envoyés au Sud-Liban de 2006 à 2010. [...] Des chars Leclerc auraient également été déployés en Afghanistan pour être rapidement rapatriés, faute de trouver de réelle utilité sur ce terrain » (Sophie Lefeez, *L'Illusion technologique dans la pensée militaire*, op. cit., p. 63-64)].

15. Samuel B. H. Faure, « [La coopération internationale dans le secteur de l'armement : Apports et critiques de la littérature à la lumière du cas français](#) », *Questions de recherche / Research Question*, n° 46, juin 2015, p. 10.

16. Discours du 5 juillet 2018 sur la transformation de la DGA, prononcé à Balard. Retranscription disponible : https://www.defense.gouv.fr/salle-de-presse/tout-discours/discours_balard_05-07-2018_transformation_dga (consulté le 14 juillet 2018). En parlant des efforts réalisés par la DGA dans ce sens, les rapporteurs de la commission de la défense nationale et des forces armées estime que « les projets de réforme des procédures d'acquisition évoquées par la ministre des Armées sont bienvenus pour des équipements plus légers, tels que des systèmes d'information, des drones et de petits matériels dits "de cohérence". Pour intégrer ces technologies nouvelles, développées notamment par des start-up et des PME, une expression de besoins dans

ainsi estimé que « [n]os processus d’acquisition, aussi, doivent gagner en efficacité. Aujourd’hui, la DGA excelle pour les plans à long terme, elle est capable de mener des programmes dans la durée comme très peu le peuvent dans le monde. Mais elle ne dispose pas, à l’heure actuelle des outils pour intégrer rapidement des changements de cap, pour permettre de s’adapter à une technologie nouvelle et pourtant nécessaire ». Dans cette optique, il est important de créer des boucles plus courtes pour accélérer l’équipement des forces¹⁷.

En effet, « les programmes ne durant pas plus de cinq ans et pouvant être clos “sans drame” en cas d’échec prévisible, ou poursuivis par un autre programme dans une logique incrémentale, lorsque les résultats du premier sont prometteurs sans être immédiatement conclusifs¹⁸ », diminuer la durée de vie opérationnelle effective des EM permettrait d’éviter que certains programmes soient poursuivis uniquement en raison du coût inhérent à leur abandon.

L’expression et la satisfaction du besoin opérationnel

La nature de l’expression du besoin ainsi que la qualité de sa satisfaction sont aussi étroitement liées à la durée de vie opérationnelle des EM.

Tout d’abord, un raccourcissement du cycle de vie des EM pourrait permettre une baisse de la sur-spécification des grandes plateformes. En effet, dans le but de pallier l’incertitude existant autour du brouillard de guerre des futurs théâtres d’opération, les travaux de perspectives et de planifications sont d’une importance capitale (voir encadré 8). Ces travaux – bien qu’indispensables – ne peuvent parfaitement

les conditions de “la 1516” constitue une procédure inadaptée » (Commission de la défense nationale et des forces armées, *Les Enjeux de la numérisation des armées*, *op. cit.*, p. 129).

17. Il s’agit d’une des conclusions des rapporteurs de la commission de la défense nationale et des forces armées (*ibid.*, p. 144.).

18. *Ibid.*, p. 114. L’agence pour l’innovation de défense, officiellement créée à partir du 1^{er} septembre 2018, aura notamment pour mission de moderniser l’innovation militaire en prenant en compte l’existence de cycles courts, l’ouverture à l’international et les technologies numériques (*Usine nouvelle*, 4 septembre 2018, <https://www.usinenouvelle.com/article/les-militaires-se-dotent-d-une-agence-de-l-innovation-N737009> [consulté le 25 septembre 2018]).

rendre compte des évolutions des besoins opérationnels sur le long terme. Selon Sophie Lefeez¹⁹ les matériels militaires ont tendance à être sur-spécifiés sur le plan technologique car ces matériels sont supposés avoir une longue durée d'utilisation. Or, comme l'environnement stratégique est très variable, l'enjeu est que les matériels militaires soient suffisamment polyvalents pour s'adapter à une menace changeante. L'idée centrale est celle du « qui peut le plus, peut le moins » : disposer de systèmes d'armes sur-spécifiés ne pourrait de toute manière pas constituer un inconvénient opérationnel. Sophie Lefeez²⁰ prend l'exemple du missile antichar MILAN, dont la sophistication a interrogé les observateurs et les utilisateurs. En effet, ce missile, doté d'une grande capacité de pénétration et d'une très longue portée, s'est trouvé critiqué lors de son utilisation en Afghanistan : trop pénétrant pour les maisons en terre de certains villages et trop coûteux pour certains objectifs mineurs²¹. En d'autres termes, la sur-spécification peut s'avérer *in fine* contre-productive. Pour comprendre l'impact d'une diminution de la durée de vie opérationnelle effective des EM, la métaphore du train est très éclairante : si le train passe en gare tous les 30 ans, il est possible que tout le monde essaie de le charger au plus possible à son passage. Si au contraire il passe à échéances plus régulières, alors chacun le chargera de manière plus modérée. Par conséquent, raccourcir la durée de vie opérationnelle effective des matériels militaires contribuerait à réduire ce biais de sur-spécification et permettrait donc d'avoir une meilleure adaptation des matériels aux exigences²² des théâtres dans lesquels la France est engagée.

19. Sophie Lefeez, *L'illusion technologique dans la pensée militaire*, op. cit.

20. *Ibid.*

21. Sophie Lefeez cite une phrase tirée d'une interview avec un spécialiste à l'EMAT : « [d]onc dès qu'il y a une cible au-delà de 600 m, quelle qu'elle soit, aujourd'hui en Afghanistan, que ce soit une Toyota 4x4, que ce soit une personne qui se balade derrière un mur, ils vont la traiter avec un MILAN, car ils n'ont rien d'autre » (*ibid.*, p. 36). Sachant qu'un missile MILAN coûte 100 000 euros, cela pose la question de la soutenabilité économique des opérations extérieures.

22. Selon l'IHEDN, l'une des sources d'insatisfaction est que les équipements obtenus *via* l'Instruction générale 1516 « ne répond[ent] pas toujours aux besoins de certaines unités spécifiques, conduisant à l'achat en complément, sur des lignes budgétaires décentralisées, de matériels de commerce » (IHEDN, [Compte tenu de la rupture technologique que constitue la numérisation, l'écosystème de l'armement peut-il et doit-il être ubérisé à l'horizon 2025 ?](#), op. cit., p. 24).

Encadré 8. Les perspectives de long terme : « Action terrestre future »

Il s'agit d'un document de prospective à horizon 2035 dont le but est d'orienter l'innovation et les grands programmes d'armement. Un exemple de ces développements prospectifs a été évoqué par le général Beaudouin, sous-chef d'état-major de la division des plans et des programmes de l'état-major de l'Armée de terre : « Nous prévoyons que le combat terrestre se concentrera de plus en plus dans les villes, notamment dans les villes côtières, car les populations ont tendance à s'y concentrer. Or, comme l'ont montré les opérations à Mossoul, le combat urbain est long, âpre et occasionne de très lourdes pertes. Il reste donc maintenant à décliner les équipements futurs appropriés pour de telles occasions²³. » Le rapport identifie plusieurs « facteurs de supériorité opérationnelle²⁴ » (FSO) à horizon 2035 : la compréhension, la coopération, l'agilité, la masse, l'endurance, la force morale, l'influence, la performance du commandement²⁵. Chacun de ces FSO doit fournir des orientations en termes d'innovation.

Pour pallier les problèmes d'expression des besoins, les rapporteurs de la commission de la défense nationale et des forces armées soulignent qu'« [é]tablir des spécifications en termes fonctionnels ou capacitaires plutôt que techniques faciliterait l'intégration de l'innovation aux "grands" projets d'équipement²⁶ ». Ils précisent que « [p]endant la phase de développement des matériels, il convient pour ce faire que les spécifications des contrats d'armement soient le plus souvent possible rédigées en termes de capacités à fournir – à charge pour l'industriel de trouver la technologie la plus adaptée – plutôt qu'en des termes techniques précis, contraignants dans le choix des technologies, et supposant donc de longues négociations d'avenants pour intégrer des

23. Commission de la défense nationale et des forces armées, « [Compte rendu de l'audition du général Charles Beaudouin, sous-chef d'état-major chargé des plans et des programmes de l'état-major de l'armée de terre](#) », Compte rendu n° 63, 16 mai 2018, p. 9.

24. Un FSO est un élément qui « permettra de répondre à l'effet recherché : "dominer l'adversaire en le détruisant si nécessaire" » (État-major de l'Armée de terre, [Action terrestre future – demain se gagne aujourd'hui](#), septembre 2016, p. 25).

25. *Ibid.*, p. 26-61.

26. Commission de la défense nationale et des forces armées, [Les Enjeux de la numérisation des armées](#), *op. cit.*, p. 130.

technologies plus récentes, d'ailleurs souvent moins onéreuses que celles qu'elles remplacent²⁷ ».

Enfin, une diminution de la durée d'utilisation des matériels militaires pourrait promouvoir un meilleur alignement des intérêts des industriels de la défense avec ceux des armées. Selon Jean Joana, la « communauté d'intérêts entre militaires et industriels que l'on postule trop souvent ne va pas de soi²⁸ ». En d'autres termes, les besoins des armées et les intérêts industriels peuvent ne pas concorder. Il en résulte que « [l]a satisfaction des besoins des armées n'est pas le déterminant majeur qui conduit à la spécification capacitaire²⁹ ». La longueur des programmes d'armement intensifie les antagonismes entre BITD et besoins des militaires. Ainsi, une réduction de la durée de vie opérationnelle des EM pourrait permettre d'aligner les intérêts économiques de la BITD avec les intérêts opérationnels des forces armées. Il s'agit du point principalement développé dans la section suivante.

2. UNE DIMINUTION DE LA DURÉE DE VIE OPÉRATIONNELLE EFFECTIVE DES EM PERMETTRAIT DE DYNAMISER L'INDUSTRIE DE DÉFENSE

Il convient tout d'abord de revenir sur le concept de BITD. Le terme BITD est utilisé pour établir une frontière autour de l'industrie de défense (voir encadré 9). Selon Renaud Bellais *et al.*, la BITD rassemble « les entreprises qui contribuent, de façon directe ou indirecte, au développement, à la production ou au maintien en condition opérationnelle des équipements ou des services participant à l'organisation de la défense nationale³⁰ ». Il s'agit donc d'une logique sectorielle

27. *Ibid.*, p. 130.

28. Jean Joana, « [Armées et industrie de défense : cousinage nécessaire et liaisons incestueuses](#) », *Pouvoir*, 45:1, 2008, p. 43-54.

29. Samuel B. H. Faure, « [La coopération internationale dans le secteur de l'armement : Apports et critiques de la littérature à la lumière du cas français](#) », *op. cit.*, p. 10.

30. Renaud Bellais *et al.*, *Économie de la défense*, La Découverte, coll. « Repères », 2014, p. 22. Par ailleurs, on trouve à la page 72 de l'[Annuaire statistique de la défense 2016](#) une définition relativement similaire : la BITD « est composée des entreprises qui contribuent de façon directe (demande finale) ou indirecte (demande intermédiaire) au développement, à la production ou au maintien en condition opérationnelle des systèmes d'armes ».

dans laquelle la compétence plus ou moins stratégique d'une activité confère une identité « défense » à une entreprise.

La *Revue stratégique 2017* insiste sur l'importance de disposer d'une « BITD forte » qui passe par « des politiques de long terme en matière de recherche et d'investissement, de coopération, de soutien à l'export, d'acquisition et de protection vis-à-vis d'investissements étrangers³¹ ». La *Revue stratégique 2017* identifie quatre approches possibles pour atteindre les objectifs de la France : la souveraineté, la coopération avec maintien des compétences en France, la coopération avec dépendance mutuelle et le recours au marché³². De plus, la *Revue stratégique 2017* confirme la vision de la coopération présentée dans le Livre blanc 2013 : « La préférence européenne est recherchée, sans pour autant exclure des partenaires de confiance hors Europe³³. » Par ailleurs, concernant la coopération européenne, la *Revue stratégique 2017* y consacre une section entière intitulée « Une ambition européenne exigeante et des responsabilités globales³⁴ ».

Encadré 9. Le(s) périmètre(s) de la BITD

Le périmètre de la BITD française est traditionnellement déterminé par l'Observatoire économique de la Défense (OED) selon la méthode développée par Sylvain Moura et Jean-Michel Oudot³⁵. Les auteurs proposent une méthode originale fondée sur des considérations statistiques et économiques permettant d'identifier les entreprises faisant partie de la BITD à partir de trois sources :

- les commandes réalisées par le ministère des Armées ;
- les implications dans la production d'armement (au niveau national et international) ;
- les fichiers de fournisseurs des principaux maîtres d'œuvre industriels.

31. Ministère des Armées, *La Revue stratégique de défense et de sécurité nationale*, *op. cit.*, p. 66.

32. *Ibid.*, p. 68.

33. *Ibid.*, p. 68.

34. *Ibid.*, p. 58-65.

35. Sylvain Moura et Jean-Michel Oudot, « [Échanges internationaux et base industrielle et technologique de défense](#) », *Le Bulletin de l'Observatoire économique de la Défense*, EcoDef n° 67, avril 2014.

En suivant cette méthode, on dénombre 1 838 entreprises en 2011, 1 955 en 2012 et 1 738 en 2013³⁶. Cependant, les concepteurs de la méthode précisent que « [p]lusieurs approches [alternatives] sont susceptibles d'être utilisées pour déterminer le périmètre de la BITD. Une perspective juridique donnerait lieu, par exemple, à l'identification des sociétés autorisées à produire, exporter ou importer des équipements militaires (Code de la défense, articles L-2332 et L-2335). En parallèle, une analyse technique des programmes d'armement conduirait à identifier les sociétés qui fournissent des éléments ou composants critiques au fonctionnement des systèmes d'armes, voire qui ne connaissent pas d'alternative sur le territoire national³⁷ ». Par ailleurs, La *Revue stratégique 2017* estime que la BITD est constituée de plus de 4 000 entreprises³⁸. La détermination de la BITD française est donc le fruit d'une pratique institutionnelle propre au ministère des Armées. Il n'existe pas de méthode internationale uniformisée pour cerner et comparer les différentes BITD nationales. Ainsi, Sylvain Moura et Jean-Michel Oudot montrent que les études sont très hétérogènes : la BITD espagnole serait composée de 670 entreprises en 2008, la BITD italienne de 116 entreprises en 2014 tandis que la BITD américaine rassemblerait 100 000 entreprises en 2015³⁹. Comme les méthodes d'estimation diffèrent, ces grandeurs ne sont en aucun cas comparables les unes aux autres.

36. Sylvain Moura et Jean-Michel Oudot, « [Performances of the defense industrial base in France: The role of small and medium enterprises](#) », *Defence and Peace Economics*, 28:6, 2017, p. 652-668.

37. Sylvain Moura et Jean-Michel Oudot, « [Échanges internationaux et base industrielle et technologique de défense](#) », *op. cit.*, p. 1.

38. Ministère des Armées, *La Revue stratégique de défense et de sécurité nationale*, *op. cit.*, p. 66.

39. Sylvain Moura et Jean-Michel Oudot, « [Performances of the defense industrial base in France: The role of small and medium enterprises](#) », *op. cit.*

Raccourcissement de la durée de vie opérationnelle effective des EM et performance de la BITD

La principale modalité pour diminuer la durée de vie opérationnelle effective des EM est de procéder à des reventes lors de la phase de maturité et/ou de déclin des matériels⁴⁰. Cela entraîne des conséquences affectant directement la dynamique des exportations d'EM.

Tout d'abord, il existe un effet mécanique : si la France choisit de mettre en vente certains de ses EM avant leur démantèlement, son offre s'accroît et cela se traduit par une potentielle augmentation des exportations. En particulier, la France pourrait être présente sur le marché des armes d'occasion (ou de « seconde main »), ce qui n'est pas le cas aujourd'hui (voir encadré 10 pour quelques éléments descriptifs sur le marché de seconde main de l'armement). Ensuite, le fait de revendre un EM avant la fin de son cycle de vie permet de lui conférer une étiquette *combat proven*⁴¹ qui constitue un argument de vente important⁴² (voir en annexe 8 une illustration pour Naval Group). Par ailleurs, pour des raisons d'interopérabilité, il est possible que l'achat d'EM d'occasion engendre des achats futurs d'autres matériels français. Il s'agirait en quelque sorte d'un produit d'appel favorisant les prises de commandes futures de la France⁴³. Enfin, un raccourcissement de la durée de vie

40. En effet, la volonté affichée de la *Revue stratégique 2017* est bien de conserver une BITD nationale la plus complète possible. Pour cette raison, le cas de la location de systèmes d'armes auprès de fournisseurs étrangers ne peut pas être considéré comme une solution de long terme.

41. *Combat proven* renvoie au fait que l'EM a été utilisé dans de véritables situations de combat. Cela confère une crédibilité importante aux yeux de l'acheteur qui a une preuve de la performance opérationnelle de l'EM.

42. Dassault Aviation érige comme l'un de ses arguments de vente principaux le fait que les Rafale Air et Marine soient *combat proven* depuis 2006. Voir <https://www.dassault-aviation.com/fr/defense/rafale/combat-proven-la-preuve-operationnelle/> (consulté le 13 juillet 2018).

43. La diffusion des technologies françaises liées aux exportations se traduit aussi par la signature de contrats annexes. Comme le note le rapport Grall 2011 : dans le cadre de la cession de matériels d'occasion au Brésil (porte-avions, avions de combat) Naval Group « a conclu des contrats portant sur la conception et la réalisation de transfert de technologies de quatre sous-marins conventionnels, l'assistance pour la réalisation de la partie non nucléaire d'un sous-marin à propulsion nucléaire, ainsi que le soutien à la réalisation d'une base navale et d'un chantier de construction navale » (Commission de la défense nationale et des forces armées, *La Fin de vie des équipements*, op. cit., p. 93).

opérationnelle effective des EM aurait pour conséquence de faciliter les autorisations des exportations d'armes. En effet, une crainte pouvant conduire à l'interdiction des exportations d'armement serait un déclassement de l'armée française sur ses théâtres d'opération. Cela peut donc « brimer » les industriels de la BITD française dans leurs exportations⁴⁴. Par conséquent, disposer d'EM moins longtemps stimulerait à la fois les exportations de matériels de seconde main, mais aussi neufs.

Encadré 10. Le marché de « seconde main » de l'armement

De nombreux EM retirés du service dans les pays développés peuvent être attractifs pour les pays ne disposant pas d'armées dotées d'équipements les plus modernes. Ainsi, la revente des EM en fin de vie peut être considérée comme une stratégie potentielle. Selon les données du SIPRI, les livraisons d'armes conventionnelles de seconde main représentent entre 6 et 17 % du volume de livraison total sur la période 1963-2012. La taille du marché s'est considérablement accrue avec la fin de la guerre froide et les grands stocks d'armes vendus provenant de l'équipement de l'Armée rouge. Les reventes d'EM peuvent être réalisées en l'état ou après des travaux de modernisation. Comme le montre la figure 6, parmi les principaux exportateurs d'armes conventionnelles, seuls l'Allemagne, les Pays-Bas et la Suède semblent adopter des stratégies de revente de leurs EM⁴⁵. Par ailleurs, leurs stratégies apparaissent différentes dans le sens où, d'après les données du SIPRI, les Pays-Bas semblent uniquement revendre leurs EM en l'état, tandis que la Suède aurait davantage une stratégie fondée sur la modernisation des EM en vue d'une revente.

La demande d'armement de « seconde main » émane principalement de pays en voie de développement qui cherchent à se doter d'un système de défense. Par exemple, sur la période 2013-2017, le Kenya a acquis deux hélicoptères de combat de seconde main⁴⁶ ; sur la période 2008-2012 la Suède a vendu deux sous-marins Västergötland à Singapour, deux avions Saab-340 AEW à la Thaïlande et deux autres aux Émirats arabes unis⁴⁷.

44. Cette idée a été principalement développée lors d'un entretien avec un ancien industriel.

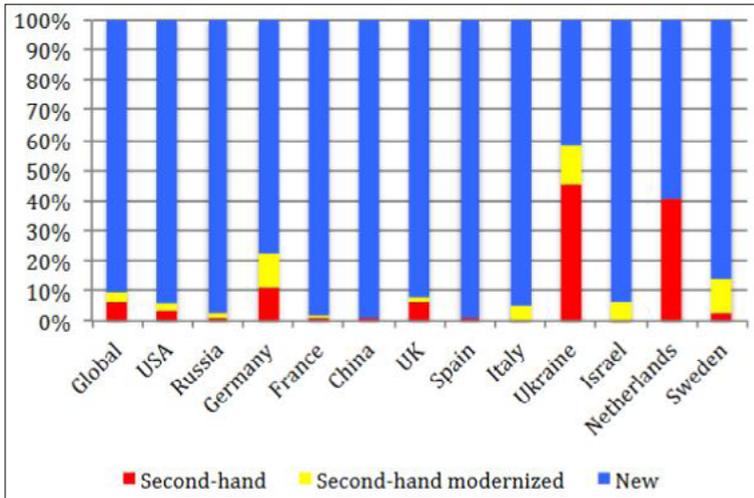
45. L'Ukraine est un cas très particulier dont les chiffres exposés s'expliquent par le contexte géopolitique de fin de guerre froide. Par conséquent, l'Ukraine ne peut pas être considérée de la même manière que l'Allemagne, les Pays-Bas et la Suède qui semblent afficher une véritable stratégie de revente de leurs EM.

46. Pieter D. Wezeman *et al.*, « [Trends in international arms transfers, 2017](#) », *SIPRI Fact Sheet*, SIPRI, mars 2018.

47. Mark Bromley et Siemon Wezeman, [Current trends in the international arms trade and implications for Sweden](#), Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI), octobre 2013.

Figure 6

Part des exports d'armes conventionnelles de seconde main dans les 12 plus grands exportateurs sur la période 2008-2012



Source : Mark Bromley et Siemon Wezeman⁴⁸

Les bénéfices associés à une hausse des exportations sont nombreux, à la fois sur le plan de l'entreprise mais aussi à l'échelle nationale. Tout d'abord, sur le plan interne à l'entreprise, une augmentation des exportations d'EM se traduirait par une hausse des chiffres d'affaires (CA) de la BITD⁴⁹. Cette hausse du CA aurait pour conséquence directe une augmentation de la taille des séries qui permettrait aux entreprises de la BITD de diminuer leurs coûts unitaires de production d'EM. Cette diminution pourrait alors être répercutée sur le prix d'achat payé par l'État, desserrant de fait sa contrainte budgétaire et/ou s'accompagner d'une hausse de la marge d'exploitation⁵⁰ qui peut avoir deux retombées :

48. *Ibid.*, p. 25.

49. Cette hausse des CA serait aussi liée à des cessions de contrats de MCO permettant aux entreprises françaises d'effectuer les travaux d'entretien des matériels exportés, des contrats de formation aux EM, etc.

50. La marge d'exploitation est le rapport entre le résultat d'exploitation d'une entreprise et son chiffre d'affaires. Voir annexe 11 pour l'évolution de cette marge d'exploitation sur la période 2012-2016.

– Une augmentation de l'autofinancement des entreprises de la BITD, ce qui participerait à favoriser l'émergence d'innovation en matière d'EM.

– Une augmentation des profits de la BITD, dont une partie est récupérée par l'État sous forme de dividendes (voir annexe 12 pour une évolution des dividendes perçus par l'État sur la période 2012-2016).

La pérennité de ces entreprises est fondamentale car la conception et la réalisation de systèmes d'armes, et *a fortiori* leur utilisation, s'inscrit dans des temps longs. Dans cette perspective, s'assurer de la bonne santé financière de ces entreprises relève d'un objectif stratégique de stabilité de la BITD.

Ensuite, sur le plan national, il convient de rappeler que les exportations de matériels de guerre⁵¹ permettent de diminuer le déficit commercial de la France de 5 à 8 % sur la période 2008-2013⁵². En ce sens, les exportations ont un rôle macroéconomique important. Plus récemment (2012-2016), les livraisons de matériels de guerre ont engendré chaque année, en moyenne, 5 G€ nets des importations, pour un taux de couverture de 407 % sur la période⁵³. Une augmentation du volume exporté serait donc profitable à l'ensemble de l'économie française. Cette augmentation aurait aussi pour effet de stimuler l'emploi sur le territoire national. Selon Jean-Michel Oudot et Emmanuel Montalban, les exportations d'armes soutiennent

51. « Les matériels de guerre et matériels assimilés (MG) sont définis à l'article L.2331 du code de la défense ainsi que par la liste commune des équipements militaires de l'Union européenne » (Secrétariat général pour l'administration (SGA), [Annuaire statistique de la Défense 2017](#), octobre 2017, p. 78).

52. Ministère des Armées, [Exportations françaises d'armement : 40 000 emplois dans nos régions](#), Étude d'impact social, économique et technologique réalisée par le ministère des Armées et le CIDEF avec le support de McKinsey & Company, septembre 2014.

53. SGA, [Annuaire statistique de la Défense 2017](#), *op. cit.*, p. 79. Par ailleurs, « [l]a France a livré à l'international en 2017 des matériels de guerre et matériels assimilés (MG) pour une valeur totale de 8,3 milliards d'euros, comme en 2016. Ces matériels ont contribué positivement à hauteur de 6,1 milliards d'euros au solde commercial de la France en 2017 » (Observatoire économique de la Défense, « [8,3 milliards d'euros de livraisons à l'export de matériels de guerre en 2017](#) », *Le Bulletin de l'Observatoire économique de la Défense*, EcoDef n° 107, mai 2018).

aujourd'hui 74 405 emplois directs et indirects⁵⁴, il est donc probable que de nouveaux emplois seraient créés. Si l'on raisonne par extrapolation linéaire simple, une augmentation de 1 % des exportations d'armement se traduirait par une création de 750 emplois. Il apparaît donc clairement que les enjeux en termes d'emploi sont majeurs. Par ailleurs, il s'agirait d'emplois très qualifiés qui contribueraient au maintien de la BITD (voir *infra*, notamment « Le maintien des compétences stratégiques », p. 68). Le soutien aux exportations est aussi l'un des objectifs stratégiques⁵⁵ définis dans la *Revue stratégique 2017* et décliné dans le Rapport annexé à la loi de programmation militaire 2019-2025. Ainsi, la réduction de la durée de vie opérationnelle effective des EM participerait à atteindre les objectifs français en matière de défense (voir encadré 11). Enfin, l'exportation d'EM constitue aussi un levier d'influence et la possibilité de maintenir ou créer des partenariats stratégiques avec d'autres pays. Une très bonne illustration est donnée dans le rapport Grall de 2011 : « [u]tiliser l'exportation comme un soutien à un pays ami peut également favoriser nos intérêts économiques dans d'autres secteurs que la défense. C'est la démarche qu'a entreprise la Corée du Sud. Dans le cadre d'un rapprochement

54. Jean-Michel Oudot et Emmanuel Montalban, « [Les entreprises de défense connaissent une croissance soutenue de leurs exportations](#) », *Le Bulletin de l'Observatoire économique de la Défense*, EcoDef n° 92, mai 2017. Les emplois directs (34 009 en 2016) sont les emplois au sein des entreprises exportatrices qui dépendent directement des exportations de matériels de guerre. Les emplois indirects (40 396 en 2016) sont ceux dans la chaîne de sous-traitance des entreprises exportatrices.

55. Dans un rapport de l'Institut des hautes études de défense nationale (IHEDN), on peut lire que « [l']exportation est la condition *sine qua non* du maintien des capacités industrielles des acteurs économiques, pour lesquels les seuls besoins français ne suffisent plus, afin de maintenir l'ensemble de leurs compétences. Le marché de défense français n'est plus assez vaste pour assurer un carnet de commande suffisant pour les fleurons de l'industrie française » (IHEDN, [Comment l'État et la base industrielle et technologique de Défense \(BITD\) doivent s'adapter pour détenir les compétences critiques nécessaires à la souveraineté de la France et à l'efficacité opérationnelle de ses forces ?](#), 54^e session nationale « Armement et économie de défense », comité n° 4, 2018, p. 32). De la même manière, dans son discours du 5 juillet 2018 sur le plan de transformation de la DGA, Mme Parly a confirmé que « les exportations d'armement sont le *business model* de notre souveraineté » (Florence Parly, [Discours du 5 juillet 2018 sur la transformation de la DGA](#), *op. cit.*).

global, ce pays a ainsi cédé deux corvettes au Kazakhstan, obtenant parallèlement un accord d'exploitation de gaz⁵⁶ ».

Encadré 11. Le soutien aux exportations dans la LPM 2019-2025 (extraits)⁵⁷

Dans le domaine industriel, la politique d'exportation d'armement contribue aussi à consolider la position de la France sur la scène internationale, à garantir son autonomie stratégique et à renforcer la crédibilité de ses forces armées. S'inscrivant dans une logique économique, industrielle, opérationnelle et diplomatique, elle contribue en outre à la soutenabilité financière de notre politique de défense et au développement d'un haut niveau d'interopérabilité de nos capacités.

Dans un contexte de fort engagement opérationnel, son développement devra être un objectif prioritaire du ministère car l'industrie de défense contribue positivement au solde de la balance commerciale de la France en exportant un tiers de son chiffre d'affaires en moyenne sur les dernières années avec des bénéfices pour la Nation en termes fiscaux et de création d'emplois hautement qualifiés.

Le maintien des compétences stratégiques

Le maintien des grands secteurs industriels participe à l'autonomie stratégique d'un pays, c'est-à-dire la capacité à ne pas dépendre d'entreprises non résidentes dans la politique d'achat du ministère des Armées. Étant donné la longueur des programmes d'armement, maintenir actives les compétences stratégiques peut s'avérer coûteux et complexe. En particulier, il est primordial de pouvoir distinguer les compétences selon leur niveau de criticité⁵⁸.

56. Commission de la défense nationale et des forces armées, *La Fin de vie des équipements*, op. cit., p. 93.

57. Ministère des Armées, *Rapport annexé au projet de loi de programmation militaire (2019 / 2025)*, février 2018, p. 51.

58. Il est aussi intéressant de raisonner en termes de compétences orphelines. Une compétence orpheline est une compétence qui ne s'exerce pas ou ne se maintient pas autrement que sur l'EM pour lequel elle s'est développée. C'est le cas par exemple des compétences liées aux installations d'aviation (catapultes) sur porte-avions, à la propulsion nucléaire, au moteur d'avion de combat (définition trouvée sur http://www.universite-defense.org/publications/les_position_papers_2017/bitds-francaise-le-defi-du-maintien-des-competences-et-de-l-autonomie-strategique-naval-group.htm [consulté le 13 juillet 2018]).

La compétence est dite « critique » si elle réunit un certain nombre de caractéristiques⁵⁹ :

1. Elle est rare car difficile à faire émerger et à maintenir. Cette rareté constitue une vulnérabilité car « certaines compétences critiques ne sont détenues que par moins de vingt professionnels pour l'ensemble d'un groupe industriel important et unique dans le pays⁶⁰ ». Elle est donc sensible aux éléments démographiques tels que les départs en retraite⁶¹, mais aussi les difficultés de recrutement auxquels sont actuellement confrontées les armées.

2. Elle est vitale pour l'entreprise et pour les forces armées. « Si elle venait à disparaître, l'entreprise ou [...] la force armée perdrait une capacité importante de façon définitive qui remettrait en cause son succès⁶². »

3. Elle est d'importance stratégique, c'est-à-dire qu'elle concourt directement à « l'autonomie stratégique de la France et à sa capacité à peser dans les affaires du monde⁶³ ».

Le rapport de l'IHEDN distingue aussi deux catégories de compétences critiques. Tout d'abord, il existe des compétences critiques dites « vivantes », c'est-à-dire celles qui sont utilisées dans des programmes d'armement en cours⁶⁴. Comme elles sont mobilisées, leur maintien n'est pas problématique car elles sont financées et entretenues par l'existence même du programme associé. Plus problématiques sont les compétences critiques « épisodiques » qui ne sont mobilisées que très rarement en raison de leur spécificité et de la longueur des grands programmes d'armement. Ainsi, toutes les compétences nécessaires à la construction d'un SNLE ne peuvent pas être

59. IHEDN, *[Comment l'État et la base industrielle et technologique de Défense \(BITD\) doivent s'adapter pour détenir les compétences critiques nécessaires à la souveraineté de la France et à l'efficacité opérationnelle de ses forces ?](#)*, op. cit. Les éléments liés à la compétence rare présentée ici sont issus d'un entretien avec l'ingénieur général Alain Guillou, directeur général de Naval Group.

60. *Ibid.*, p. 9.

61. Ce phénomène est accentué par les départs massifs en retraite des baby-boomers entrés tardivement sur le marché du travail.

62. IHEDN, *[Comment l'État et la base industrielle et technologique de Défense \(BITD\) doivent s'adapter pour détenir les compétences critiques nécessaires à la souveraineté de la France et à l'efficacité opérationnelle de ses forces ?](#)*, op. cit., p. 9-10.

63. *Ibid.*, p. 10.

64. *Ibid.*

maintenues par la seule commande publique qui intervient tous les 30 voire 40 ans. Cela se traduit par des abandons technologiques, définitifs ou temporaires. Il est alors nécessaire d'importer ces compétences abandonnées, ce qui constitue une entorse à la volonté d'autonomie stratégique française. Dans la *Revue stratégique 2017*, l'ambition est de conserver la maîtrise d'un grand nombre de compétences stratégiques en France, à un niveau national ou européen (voir figure 7).

En raison du caractère cumulatif de la science, il est extrêmement long et complexe d'acquérir une compétence critique, tandis que sa perte peut constituer un processus très rapide. Ainsi, la France a perdu il y a plus de 20 ans la capacité de produire des munitions de « petit calibre » et dépend entièrement de ses importations. Le rapport de l'IHEDN estime ainsi qu'il existe un grand nombre de domaines « en déni de souveraineté⁶⁵ » :

- les avions de surveillance *Hawkeye*,
- le système de détection et de commandement aéroporté (AWACS),
- les drones de surveillance *Reaper*,
- les lance-roquettes de nouvelle génération AT4CS-NG.

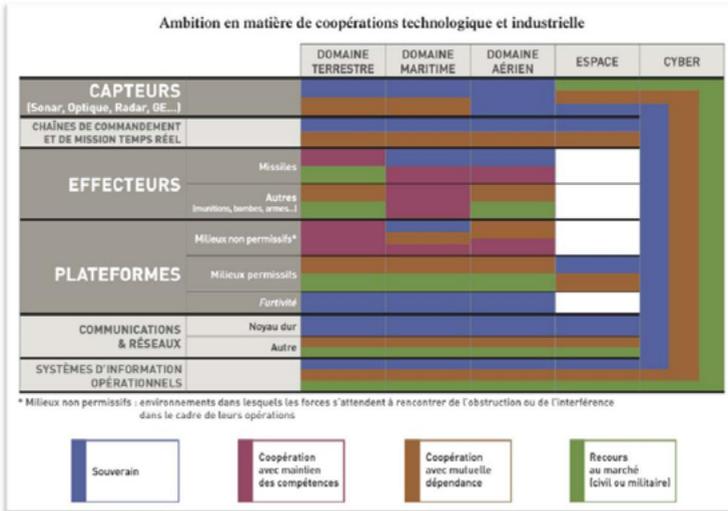
Le rapport de l'IHEDN conclut que « s'il est bien compréhensible pour des raisons économiques de relâcher la contrainte de souveraineté sur certains matériels de guerre, l'aspect stratégique des munitions de petits calibres (des armes les plus utilisées par nos forces armées), de système de surveillance, d'hélicoptères d'assaut ou d'avion de transport militaire ne saurait être renié. Il est donc indispensable de maintenir, au moins *a minima*, des compétences suffisantes pour prévenir tout risque d'approvisionnement ou d'obsolescence, et s'assurer que la marche ne sera pas trop haute à franchir si d'aventure nous devons reconstruire ces capacités⁶⁶ ». Dans ce sens, l'encadré 12 présente l'importance du maintien de compétences pour deux grands groupes industriels de la BITD : Nexter et Naval Group.

65. *Ibid.*, p. 26-27.

66. *Ibid.*, p. 27.

Figure 7

Ambition en matière de coopération technologique et industrielle de la France



Source : Revue stratégique 2017⁶⁷

Des compétences critiques échappent au savoir-faire français principalement pour des raisons de longueur de durée de vie effective des EM. En effet, certains EM ont un cycle de vie tellement long que les personnels détenant des compétences critiques partent en retraite avant la réalisation de la prochaine génération du matériel. Ainsi, un nombre non négligeable de « compétences en intégration de systèmes d'armes ou intégration de systèmes complexes (radars, contre-mesure, etc.), des aérodynamiciens capables de concevoir des avions avec des consommations 30 à 40 % inférieurs aux concurrents américains, des ingénieurs maîtrisant les contraintes en milieu supersoniques, des ouvriers rodés aux techniques d'usinage et à la maîtrise des matériaux composites, etc.⁶⁸ » peuvent disparaître en raison de la longueur du cycle de vie de certains EM. Dans cette optique, une diminution de

67. Ministère des Armées, *La Revue stratégique de défense et de sécurité nationale*, op. cit., p. 69.

68. Ministère des Armées, *Exportations françaises d'armement : 40 000 emplois dans nos régions*, op. cit., p. 30.

la durée de vie opérationnelle effective pourrait permettre la conservation de certaines compétences critiques. Il semble notamment primordial d'accélérer le rythme des programmes d'armement pour que leur durée soit « inférieure à la durée de vie active d'un individu⁶⁹ ». Ce faisant, il y aurait une forte diminution du risque de perte de compétences stratégiques.

Encadré 12. Deux exemples de l'importance
du maintien des compétences (extraits choisis⁷⁰)

Au cours des dernières années, l'obtention de contrats export pour le système Caesar a permis de multiplier par 3 le volume global de production par rapport au seul équipement de l'Armée de terre française. À défaut de ces contrats, la production en série de tubes d'artillerie de 155 mm serait arrivée à son terme avec la livraison du dernier des 77 matériels acquis par la France et la chute de production serait intervenue dès 2011. L'absence de ces contrats export aurait affecté la soutenabilité économique de la canonnerie, capacité industrielle indispensable pour la fourniture des recharges de canon. Ce cas illustre l'importance de l'exportation pour Nexter pour sa capacité à innover, maintenir et faire évoluer les matériels clés en service dans l'armée française utilisés sur les théâtres d'opération extérieurs (Afghanistan, Mali).

*

Naval Group entretient un vivier d'environ 1 000 compétences pour la conception et la production de bâtiments de guerre. Sans la dynamique d'internationalisation grandissante des revenus de l'entreprise, de nombreuses compétences seraient menacées dans le patrimoine industriel et technologique français, notamment la maîtrise d'œuvre de systèmes industriels extrêmement complexes, les connaissances en R&D et le savoir-faire industriel.

69. IHEDN, *Comment l'État et la base industrielle et technologique de Défense (BITD) doivent s'adapter pour détenir les compétences critiques nécessaires à la souveraineté de la France et à l'efficacité opérationnelle de ses forces ?*, op. cit., p. 30.

70. Ministère des Armées, *Exportations françaises d'armement : 40 000 emplois dans nos régions*, op. cit., p. 25-27.

III. LES RISQUES ASSOCIÉS À UNE DIMINUTION DE LA DURÉE DE VIE OPÉRATIONNELLE EFFECTIVE DES EM

Le chapitre II évoque les bénéfices potentiels associés à la réduction de la durée de vie effective des EM. Certaines limites ont aussi été identifiées au cours de la rédaction de cette étude. Cependant, il convient de préciser qu'il n'a pas été possible de proposer des estimations chiffrées ou documentées des différents risques inhérents à la réduction de la durée de vie opérationnelle effective des EM *via* leur exportation. Par conséquent ce chapitre doit davantage être lu comme des pistes de risques potentiels.

1. LES RISQUES OPÉRATIONNELS LIÉS À LA DIMINUTION DE LA DURÉE DE VIE OPÉRATIONNELLE EFFECTIVE DES EM

Il existe des risques liés au plus grand *turn over* des EM dans les forces armées. Ces risques font peser des contraintes et des coûts supplémentaires pouvant nuire à la performance opérationnelle des armées.

Les risques liés à l'interopérabilité

Un EM vieillissant présente paradoxalement un avantage : les forces ont l'habitude de ces EM et connaissent leurs degrés de compatibilité avec les matériels des autres armées (nationales ou de pays alliés). Par conséquent, un changement majeur de matériel est potentiellement source de nouveaux problèmes d'interopérabilité. L'interopérabilité est définie par l'Organisation du traité de l'Atlantique nord (OTAN) comme « l'aptitude d'organisations militaires différentes à mener des opérations conjointes. La différence peut se situer au niveau des nationalités, des armes (forces terrestres, aériennes, navales), ou des deux¹ » (voir encadré 13). Pour favoriser la performance opérationnelle, il est primordial que l'interopérabilité soit recherchée. Or,

1. OTAN, *L'Interopérabilité dans le cadre des opérations conjointes*, dossier de juillet 2006, p. 1.

une augmentation du renouvellement du rythme des nouveaux EM se traduirait par des recherches systématiques de comptabilités pouvant s'avérer complexes. Dans le cas de l'interopérabilité liée aux coopérations internationales, James Derleth estime qu'il existe de fortes disparités technologiques entre les différentes forces de l'OTAN. À titre d'exemple, il y avait en 2015 au moins 13 systèmes de suivi tactique différents au sein de l'OTAN, dont certains étaient incompatibles entre eux. Cela pose des problèmes importants de performance opérationnelle². Toute introduction d'une nouvelle génération d'EM s'accompagne donc nécessairement d'une phase d'adaptation qui peut temporairement détériorer la performance opérationnelle des armées. Il est par ailleurs aussi nécessaire de repenser les cadres et doctrines d'emplois associés à chaque nouveau matériel mis en service, ce qui constitue une importante mobilisation de ressources humaines³.

Encadré 13. Importance de l'interarmées (extrait⁴)

L'interarmées est aujourd'hui une démarche clé et inéluctable de l'évolution des forces armées pour au moins trois raisons : tout d'abord, parce que les missions des forces mobilisent de plus en plus de moyens de manière simultanée en provenance des trois armées ; ensuite parce que l'objectif assigné aux armées est de produire un effet et qu'il peut exister plusieurs moyens d'y parvenir, à des coûts qui peuvent être très différents suivant les moyens employés ; enfin parce qu'il faut parvenir à obtenir le même effet dans un temps plus court ou un effet supérieur dans un temps équivalent. Or, avec une contrainte budgétaire qui s'avère plus forte que pendant la guerre froide, la dimension « avantage/coût » de chaque choix capacitaire ou d'organisation prend une importance accrue alors même que la menace est toujours plus diffuse et les besoins plus divers. [...] L'interarmées dépend en France de l'état-major des armées, aujourd'hui responsable et arbitre des opérations et des programmes, alors que le recrutement des militaires, leur préparation et leur entraînement dépendent encore de chacun des états-majors d'armées.

2. James Derleth, « Accroître l'interopérabilité, fondement de l'efficacité des opérations de l'OTAN », *Revue de l'OTAN*, 2015.

3. Didier Danet, « La stratégie militaire à l'heure des NTIC et du "Big Data" : Quelles hypothèses structurantes ? », *op. cit.*

4. Institut de relations internationales et stratégiques (IRIS), Les Perspectives de coopération (nationale, européenne) et d'interarmement de l'outil de défense : quels partages capacitaires possibles et quelles conséquences pour l'Armée de terre ?, mars 2007, p. 11-12.

Les risques liés à un surcroît de besoin de formation/entraînement

Une autre conséquence directe associée à la baisse de la durée de vie opérationnelle effective d'un EM est la nécessité d'une adaptation des forces plus fréquente aux nouveaux matériels. En d'autres termes, il y a un besoin d'augmenter la fréquence des formations des militaires⁵. Cela se traduit nécessairement par une hausse de coûts, mais aussi par la baisse temporaire de la disponibilité de certains EM. Or, les armées font aujourd'hui déjà face à des tensions sur les formations et l'entraînement. Par exemple, les pilotes opérationnels qualifiés appontage de nuit ont 185 heures de vol moyen, comparé aux 220 heures prévues par la LPM 2014-2019 pour maintenir leurs spécificités⁶. De la même manière, les heures de vol moyen par pilote d'hélicoptère en 2017 sont en dessous des cibles de la LPM 2019-2025 pour chacune des armées – Terre, Air et Marine⁷. Par ailleurs chaque génération de matériel nécessite du temps de formation initiale car le niveau opérationnel requis augmente (maîtrise d'un appareil plus technologiquement avancé, de nouvelles fonctionnalités associées à de nouveaux cadres d'emploi, etc.). À titre d'illustration, l'école de l'aviation de chasse a accueilli 42 élèves pilotes en 2017 (dont 22 élèves pilotes français)⁸. Le programme FOMEDEC (Formation modernisée et entraînement différencié des équipements de chasse) se déroule en plusieurs phases dépendant du type d'avion. Les types d'appareil exigeant la formation initiale la plus importante sont les avions de chasse de type Mirage 2000. Il existe une formation spécifique avec une moyenne de 35 heures de vol pendant 5 mois de formation⁹. Une politique de réduction de la durée de vie opérationnelle des

5. Dans le rapport annexé à la LPM 2019-2025, il est explicitement évoqué que le renouvellement de la flotte de transport tactique nécessite « la modernisation de la formation des pilotes de transport [...] à partir de 2025 (programme ATEF) » (ministère des Armées, [Rapport annexé au projet de loi de programmation militaire \(2019 / 2025\)](#), *op. cit.*, p. 35).

6. Rapport annuel de performance (RAP), [Défense](#), annexe au projet de loi de règlement du budget et d'approbation des comptes pour 2017, p. 110.

7. Commission des finances, [La Disponibilité des hélicoptères du ministère des Armées](#), Rapport d'information n° 650, juillet 2018, p. 74.

8. Armée de l'air, « Défilé militaire – 14 juillet 2017, opérationnels ensemble », Dossier de presse, disponible sur <https://www.defense.gouv.fr/air/salle-de-presse/dossiers-de-presse/dossiers-de-presse> (consulté le 17 juillet 2018).

9. *Ibid.*, p. 35.

EM et l'introduction plus rapide de nouvelles générations de matériels pourrait exacerber les besoins de formation des militaires se traduisant par une tension économique et opérationnelle (associée au manque d'entraînement déjà existant de certains).

2. LES RISQUES LIÉS À L'EXPORTATION D'EM DE SECONDE MAIN

Adopter une politique de revente des EM avant la fin de leur durée de vie opérationnelle comporte des risques de deux natures : économiques et stratégiques.

Les risques « économiques »

L'une des particularités du marché de l'armement est la fréquence de la signature de contrats compensatoires (les *offsets*¹⁰) qui peuvent « porter sur des transferts de technologie, des contrats de fournisseurs locaux, des participations industrielles, des engagements d'achats, etc.¹¹ ». Les *offsets* se font au profit des pays importateurs d'armement qui souhaitent développer leur propre autonomie stratégique par le biais de la création d'une BITD nationale (voir encadré 14 pour l'exemple de la Pologne). Un inconvénient majeur de la généralisation de la pratique des *offsets* est que les exportations d'armes deviennent plus risquées sur le plan commercial. Certes, ces exportations contribuent positivement au solde de la balance commerciale française, mais elles engendrent aussi des transferts de technologies qui permettent aux importateurs « de combler leur écart technologique avec les États exportateurs¹² ». En d'autres termes, la multiplication de ces transferts technologiques peut finalement diminuer le potentiel d'exportation sur le long terme¹³.

10. Voir l'annexe 13 pour un tableau comparatif de la politique d'*offsets* de 15 pays.

11. Fanny Coulomb, *Industries de la défense dans le monde*, Presses universitaires de Grenoble, 2017, p. 46.

12. Lucie Béraud-Sudreau, « [Les exportations de défense dans un nouvel environnement stratégique : quels contrôles dans des marchés de défense en mutation](#) », *Les Champs de Mars*, n° 30, forum, 2018, p. 399.

13. Il convient de noter que les auteurs n'ont pas connaissance de signature de contrats compensatoires pour la vente d'un EM de seconde main. Il s'agirait d'une pratique associée aux EM neufs. Cependant, deux éléments poussent à ne pas évaluer les « risques économiques » dans le cadre de cette étude. Tout d'abord, une des

Encadré 14. Récit de la création d'un concurrent
par transferts de technologie (extraits)¹⁴

Un aperçu de l'étendue des transferts de technologie a été visible à l'occasion de la crise entre la Pologne et la France, suite au refus du gouvernement polonais d'attribuer un contrat d'hélicoptères à Airbus à l'automne 2016. Dans l'un des épisodes de cette crise, le PDG d'Airbus Helicopters, Guillaume Faury, a publié une lettre ouverte au Premier ministre polonais¹⁵. On y apprend que l'offre de compensations industrielles pour la Pologne en lien avec le contrat pour les hélicoptères *Caracal* aurait mené à la création de 3 800 emplois en Pologne. Airbus offrait 45 types de transferts de technologies, y compris l'établissement d'installations de production d'hélicoptères ; des capacités complètes de maintenance, réparation et modernisation d'hélicoptères ; le transfert de codes sources, de licences et le droit de moderniser les hélicoptères et leurs systèmes. Selon son dirigeant, Airbus Helicopters offrait d'établir la première usine de fabrication d'hélicoptères en Pologne, conjointement avec l'entreprise WZL-1, dont l'État aurait détenu 90 %. La chaîne d'assemblage aurait été identique aux capacités de l'usine existant en France et aurait permis à la Pologne de produire elle-même ses hélicoptères à l'avenir, à la fois pour les forces armées nationales et pour les marchés internationaux. De plus, dans l'offre d'Airbus, 50 *Caracal* au minimum auraient été produits intégralement en Pologne. Les premiers hélicoptères auraient été produits en France, mais par des ouvriers polonais de l'entreprise WZL-1, afin d'assurer le transfert de savoir-faire et de compétences. Ainsi, si le contrat avait été réalisé tel qu'annoncé, la vente des *Caracal* aurait bénéficié en priorité à des emplois non domestiques et aurait permis à la Pologne de disposer de sa propre industrie de défense dans le domaine des hélicoptères, non seulement fermant un marché pour la France mais créant également un concurrent.

raisons de l'absence d'*offsets* sur le marché des EM de seconde main tient au fait que ces dernières restent relativement marginales. Cependant, si ce marché se développe – notamment avec la participation de grands exportateurs d'armes comme la France – les pratiques commerciales devraient s'aligner sur le marché du neuf. Un second argument tient au fait que les *offsets* ne sont qu'une modalité parmi d'autres pour le transfert technologique. Le risque de faire émerger une BITD est donc toujours présent, même si un contrat compensatoire n'est pas signé.

14. Lucie Béraud-Sudreau, [*La Politique française de soutien aux exportations d'armement : raisons et limites d'un succès*](#), IFRI, Focus stratégique n° 73, juin 2017, p. 41-42.

15. Guillaume Faury, « [Open Letter to the Polish Prime Minister](#) », *Airbus Helicopters*, 11 octobre 2016.

L'exportation d'EM de seconde main se heurte donc au fait que, depuis le milieu des années 2000, il existe un nombre croissant d'États dotés de BITD, capables d'exporter des armements plus ou moins complexes¹⁶. Si ce phénomène de concurrence reste peu dommageable lorsque l'on regarde les exportations de matériels de dernière génération, les choses sont différentes si l'on considère les exportations d'EM de seconde main. En effet, les EM de seconde main seront directement en concurrence avec les matériels neufs de pays disposant d'une BITD émergente (e.g. le Brésil, l'Inde ou encore la Turquie). Il n'est alors pas évident que les choix des pays clients soient d'opter pour des EM vieillissants. La conséquence directe de cette incertitude sur la pérennité des ventes de matériels d'occasion crée une vulnérabilité économique importante : tout le système repose sur la certitude que les EM seront vendus. Si ce n'est pas le cas, c'est toute la soutenabilité du système qui est remise en question car les coûts de fin de vie ne seront pas économisés, et l'hétérogénéité des parcs augmentera aussi.

Trois autres risques ont également été relevés lors de la rédaction de cette étude :

- Un risque de « cannibalisation¹⁷ » des armes proposées par la France. Si l'offre française est composée d'une plus large gamme de produits, certains pays importateurs pourraient être incités à acheter les EM de générations inférieures pour des soucis de coût. Cette potentielle substitution des ventes de matériels de seconde main aux matériels neufs pourrait être très dommageable à la BITD française.

- Des coûts supplémentaires liés à la cession des EM : prospection, négociation, transport, remise en état des matériels, mise à niveau, notamment sur le plan environnemental (l'obtention du « passeport vert » est indispensable pour proposer un EM à l'export), sont des phases nécessaires pour la revente d'un EM de seconde main, qui ont chacune un coût¹⁸. De même, la fixation d'un prix de vente des EM d'occasion nécessiterait un audit pour déterminer la valeur résiduelle

16. Lucie Béraud-Sudreau, « [Les exportations de défense dans un nouvel environnement stratégique : quels contrôles dans des marchés de défense en mutation](#) », *op. cit.*

17. En marketing, la cannibalisation décrit une situation dans laquelle la mise en vente d'un produit détériore les ventes des autres produits d'une entreprise.

18. Commission de la défense nationale et des forces armées, [La Fin de vie des équipements](#), *op. cit.*

de chacun des matériels. Bien qu'il soit impossible dans la présente étude de chiffrer ces différents coûts et de les comparer aux prix de cession envisageables pour de tels EM, il est important de les considérer dans le débat afin de s'assurer de la soutenabilité économique d'une telle stratégie.

– Un accroissement des exportations d'armes peut se traduire par des mécanismes de dépendance à l'export pouvant avoir des répercussions négatives au niveau national (voir encadré 15).

Encadré 15. Un exemple de risque associé
à la dépendance à l'export (extrait)¹⁹

La dépendance à l'export peut par exemple avoir une incidence sur les équilibres financiers de la loi de programmation militaire (LPM) comme dans le cas des *Rafale* dont l'État avait garanti la rentabilité en cas d'échec à l'export. Alors que, sur l'exercice 2014-2019, le ministère de la Défense prévoyait d'acheter 26 *Rafale* pour ses armées, Dassault Aviation devant en produire 66 pour que la production soit soutenable, soit 11 par an – ce à quoi l'État s'était expressément engagé. C'est donc un solde de 40 *Rafale* qui devaient être exportés sur la période, faute de quoi la puissance publique aurait dû les acheter à ses frais. Pour autant, la LPM ne prévoyait pas de fonds pour cette éventuelle acquisition supplémentaire de 40 avions de combat²⁰. Les exportations étaient donc devenues un véritable pari, non seulement pour Dassault, mais pour le budget de l'État.

Les contrats avec l'Égypte, le Qatar puis avec l'Inde ont finalement donné raison aux concepteurs de la LPM. On peut toutefois se demander si ce pari financier n'incite pas à une recherche de contrats à l'export « à tout prix ». Ainsi, Paris aurait envisagé d'intervenir au Yémen²¹ au côté de l'Arabie saoudite et autorisé début 2017 l'exportation de munitions destinées à cette guerre²².

19. Lucie Béraud-Sudreau, *La Politique française de soutien aux exportations d'armement : raisons et limites d'un succès*, *op. cit.*, p. 38.

20. Michel Cabriol, « [Défense : les cinq paris de la loi de programmation militaire](#) », *La Tribune*, 2 août 2013 ; « [L'État va ralentir les livraisons de Rafale](#) », *Le Monde*, 2 août 2013 ; Jean Guisnel, « [Loi de programmation militaire : l'export une condition sine qua non](#) », *Le Point*, 21 janvier 2015 ; Vincent Lamigeon, « [Comment Dassault est devenu le meilleur ami de François Hollande](#) », *Challenges*, 5 mars 2015.

21. Jean-Dominique Merchet, « [Yémen : la tentation française d'intervenir en soutien de l'Arabie saoudite](#) », blog *Secret Défense*, 21 avril 2015 ; « [Des contrats pour Fabius, Le Drian et Macron](#) », *Intelligence Online*, 8 avril 2015.

22. Jean Guisnel, « [La France, supermarché de l'Arabie saoudite](#) », *Le Point*, 20 mars 2017.

Les risques « stratégiques »

Les risques de transferts technologiques évoqués posent aussi le problème de la prolifération des capacités de vendre des armes (voir encadré 16). L'émergence de concurrents fait tout d'abord peser des risques sur la pérennité de la BITD française à long terme, et donc de l'autonomie stratégique française. Un autre risque associé est celui de la multiplication des armes en circulation dans le monde. En effet, la multiplication des offreurs devrait se traduire par une baisse des prix de certains systèmes d'armes et donc un accès plus grand à certains pays qui ne disposaient pas des moyens financiers nécessaires. Un récent travail de recherche réalisé par Cécile Fauconnet *et al.* montre que la probabilité d'occurrence d'un conflit infranational (guerres civiles, révolutions, révoltes, coups d'État, etc.) est positivement liée à la quantité d'armes conventionnelles exportées dans le monde depuis la fin de la guerre froide²³. En d'autres termes, une intensification des exportations d'armes françaises pourrait avoir des conséquences déstabilisatrices importantes pour certains pays en développement²⁴. En dehors du débat éthique qui n'est pas l'objet de cette étude, il convient de noter qu'une hausse des conflits civils peut intensifier les OPEX menées par la France. La multiplication des conflits a donc une influence directe sur la soutenabilité de nos actions militaires.

Le dernier risque stratégique identifié est celui de la domination de l'intérêt commercial sur l'intérêt opérationnel lors de la spécification des matériels militaires²⁵. En effet, si une stratégie de revente systématique de certains types d'EM est adoptée, cela implique que le processus d'expression des besoins devra aussi incorporer les besoins de potentiels futurs clients : la ré-employabilité des matériels par d'autres armées devient une caractéristique importante. Cela engendre donc un risque de sur-spécification des matériels – avec les écueils évoqués

23. L'étude porte sur 144 pays sur la période 1992-2014. Les données utilisées pour les exportations d'armes sont celles du SIPRI disponibles sur <https://www.sipri.org/databases> (consulté le 17 juillet 2018).

24. Cécile Fauconnet, « [French arms exports and intrastate conflicts: An empirical investigation](#) », *Defence and Peace Economics*, à paraître.

25. Dans son discours du 5 juillet 2018, la ministre Florence Parly a émis le souhait que « nos programmes nationaux prennent mieux en compte, dès leur commencement, les perspectives d'exportation ».

dans le chapitre II, § 2 : forte hausse des coûts de défense pouvant entraver la soutenabilité des actions militaires françaises, et diminution de la performance opérationnelle.

Encadré 16. Un exemple de la prolifération des capacités de production (extrait)²⁶

Il est d'ores et déjà possible d'observer les conséquences de transferts de technologie d'hier – ce qui offre un premier aperçu, qui n'a pas pour autant de valeur prédictive. En 1980, soit avant l'imposition d'un embargo européen en 1989, la France a vendu *via* l'Aérospatiale (aujourd'hui Airbus) cinquante licences pour les hélicoptères AS-365 Dauphin/AS-565 Panther à la Chine²⁷. Mais, durant les années 1990, la Chine a poursuivi la production de ces hélicoptères au-delà du nombre de licences autorisées. Grâce au savoir-faire acquis, la Chine produit aujourd'hui le Z-9, considéré comme l'un de ses principaux hélicoptères militaires²⁸, qu'elle a pu ensuite exporter au Cambodge, au Pakistan, en Namibie ou en Zambie²⁹. Aujourd'hui, Airbus coopère avec l'industrie chinoise sur l'hélicoptère EC-125/H175/Z-15 qui, s'il a eu au départ un usage civil, pourrait également être utilisé par la Marine chinoise³⁰.

26. Lucie Béraud-Sudreau, « Les exportations de défense dans un nouvel environnement stratégique : quels contrôles dans des marchés de défense en mutation », *op. cit.*, p. 400.

27. *Defense & Foreign Affairs Daily*, 9 juillet 1980 ; AAS Milavnews News Letter, mars 1986.

28. Marillyn A. Hewson, « Unfulfilled ambitions: China's helicopter plans are yet to soar », *Jane's International Defence Review*, octobre 2013, p. 52-57.

29. SIPRI Trade Registers, <http://armstrade.sipri.org> (consulté le 21 janvier 2018).

30. « Naval aviation », China Air and Naval Power blog, 7 janvier 2017, <http://china-pla.blogspot.co.uk> (consulté le 21 janvier 2018).

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Cette étude explore l'impact des évolutions technologiques et stratégiques sur les cycles de vie des équipements des armées. Tout d'abord, il existe une accélération technologique qui, en raison de la dualisation croissante des EM et de la non-synchronisation des cycles des différents acteurs participant aux grands programmes d'armement, engendre une tension sur la durée de vie opérationnelle de certains EM. Cette tension s'exprime principalement à deux niveaux :

1. Opérationnel : les matériels vieillissants font davantage face à des stratégies d'adaptation fondées sur des usages militaires de technologies civiles. Ce phénomène est accentué par le développement des technologies de l'information et de la communication (Internet, réseaux sociaux, etc.). De plus, en raison de l'envergure de certains programmes d'armement et de la durée d'utilisation de certains EM par les forces, les besoins opérationnels peuvent ne pas être pleinement satisfaits en raison de l'évolution rapide de la nature des théâtres d'opération.

2. Économique : les coûts d'utilisation des EM sont croissants avec l'âge des matériels, notamment en raison de la hausse des coûts d'entretien et plus particulièrement du MCO. Par ailleurs, la baisse continue des séries de production – liée au changement de la nature des conflits après la fin de la guerre froide – participe à l'augmentation des coûts unitaires des EM. Dans un contexte de durcissement de la contrainte budgétaire, ces coûts de défense croissants peuvent mener à des risques importants en termes de soutenabilité opérationnelle et plus globalement du modèle d'équipement des forces.

La présente étude explore une stratégie d'adaptation possible à ces grandes tendances : la réduction de la durée de vie opérationnelle effective de certains EM. Plus particulièrement, l'étude se concentre sur une solution consistant à proposer à l'export des matériels d'occasion avant leur fin de vie opérationnelle (*i.e.* ces matériels pourraient encore disposer d'une certaine efficacité opérationnelle sur un théâtre d'opération). Il convient de rappeler qu'il existe d'autres modalités telles que la location de matériels militaires (« ubérisation ») ou le démantèlement anticipé des EM (voir annexe 3), mais que cette étude

se concentre sur la stratégie fondée sur l'export. Le chapitre II documente ainsi quels seraient les principaux avantages d'une telle stratégie. Quatre arguments principaux ont été soulignés :

1. Cette stratégie permettrait de diminuer le nombre de matériels en fin de vie opérationnelle qui sont souvent moins adaptés aux besoins opérationnels actuels. En particulier, cela limiterait les adaptations ennemies fondées sur l'usage militaire de technologies civiles « nivelantes ».

2. Cette stratégie contribuerait à réduire la tendance à la sur-spécification des EM, en raison de leur durée de vie opérationnelle effective moins grande.

3. Cette stratégie contribuerait à dynamiser l'industrie de défense, en assurant des débouchés nouveaux à la BITD française (accès au marché de seconde main et augmentation du CA défense).

4. Cette stratégie favoriserait le maintien des compétences stratégiques sur le plan de la conception des grands systèmes d'armes notamment, et leur maintien en condition opérationnelle.

Cependant, plusieurs risques associés à la réduction de la durée de vie opérationnelle effective des EM par l'export ont aussi été identifiés :

1. Un risque d'interopérabilité (interarmées et au niveau international) associé à un renouvellement plus fréquent de certains EM.

2. Un besoin croissant en formations/entraînements : chaque nouvel EM nécessite la mise en place de nouveaux modules de formation et d'entraînements plus longs. Cela peut s'avérer coûteux et réduire la disponibilité de certains matériels.

3. Un risque de création de BITD concurrentes dans certains pays émergents, en raison de transfert de technologies (*offsets*) dont sont souvent assorties les exportations d'armes.

4. Un risque de prolifération des capacités de ventes d'armes – toujours en raison des transferts de technologies – pouvant se traduire par une augmentation des tensions internationales et donc de la multiplication des futurs théâtres d'opération.

Au cours de la réalisation de cette étude, plusieurs éléments ont été abordés mais nécessiteraient une attention toute particulière à l'avenir pour cerner tous les enjeux d'une stratégie de revente des EM

vieillissants. Ces pistes sont présentées ci-dessous sous l'étiquette de « recommandations » :

Recommandation n° 1 : Réaliser des analyses économiques pour évaluer l'âge optimal de remplacement de certains EM en fonction des coûts et avantages liés à leur remplacement/à leur entretien.

Très peu d'éléments sont disponibles sur le cas d'équipements français (contrairement au grand nombre d'études menées par la RAND Corporation, au profit des différentes armées américaines [US Air Force notamment]). La satisfaction de cette recommandation nécessiterait de donner accès à des données adéquates sur les équipements des forces armées (donc nécessairement sensibles), pour pouvoir réaliser des études de coût pertinentes. Ce type de travail peut alors donner aux décideurs une vision « économique » du choix à effectuer, qui peut différer de la vision « politique » ou « opérationnelle » par certains égards. L'intérêt est de pouvoir confronter ces visions. Une autre vertu de ce type de recherche serait de pouvoir identifier quel(s) type(s) d'EM sont concernés par une potentielle réduction de leur durée de vie opérationnelle effective par l'export. En effet, en raison de la diversité des EM, il apparaît important de pouvoir déterminer pour quel(s) type(s) de matériels cette stratégie pourrait s'adapter. En particulier, il n'est pas concevable que les matériels militaires liés à la dissuasion soient exportés.

Le domaine Armement et économie de défense de l'Institut de recherche stratégique de l'École militaire (IRSEM) pourrait être un candidat naturel à la réalisation d'une étude « pilote », par exemple fondée sur un matériel déjà retiré du service.

Recommandation n° 2 : Réaliser une étude comparative des politiques d'exportation d'armes de seconde main des Pays-Bas, de l'Allemagne et de la Suède.

Lors de cette étude, plusieurs stratégies d'export distinctes ont été identifiées. Il est envisageable de revendre des EM tels quels (avec remise en état) – comme dans le cas hollandais –, de systématiquement les moderniser avant l'export – cas suédois – ou d'adopter une stratégie mixte – cas allemand. Chacune de ces modalités est différente en termes de coûts et de bénéfices attendus. Pour savoir quelle

modalité serait le plus adaptée, il convient de réaliser une étude comparative de ces trois pays, notamment en observant la structure des matériels utilisés par leurs forces et les caractéristiques de leur BITD nationale. En rapprochant les choix de ce pays de leurs spécificités nationales, il serait alors possible de déterminer quelle pourrait être la stratégie à proposer pour le cas français.

De la même manière, à l'image de ce qui a été réalisé dans le rapport Grall de 2011, comparer la stratégie d'export à celle de démantèlement pourrait être source d'importants enseignements.

Recommandation n° 3 : Mener une étude de marché complète du marché des matériels militaires de seconde main.

La présente étude a insisté sur le fait que la stratégie de réduction de la durée de vie opérationnelle effective des EM par l'export repose sur la croyance que les matériels d'occasion seront aisément vendus sur le marché des matériels de seconde main. Pour que cette croyance devienne une certitude, il conviendrait de réaliser une étude de marché complète pour évaluer les éventuelles menaces (et opportunités) associées à l'exportation de certains de nos EM. Sans cela, cette stratégie demeurerait extrêmement spéculative.

ANNEXES

1. RÔLES DE L'EMA DANS L'INSTRUCTION GÉNÉRALE « 1516 »

Stades	Rôles de l'EMA
Initialisation*	<ul style="list-style-type: none"> - Rédige l'objectif d'état-major (OEM) - Analyse, si c'est pertinent, les besoins opérationnels équivalents chez nos principaux partenaires et réalise, dans ce cas, les premiers travaux de convergence - Identifie les études technico-opérationnelles à envisager et les nouvelles doctrines d'emploi - Identifie, si possible, les paramètres stratégiques structurants liés au soutien (politique de soutien) et niveaux d'interopérabilité
Orientation*	<ul style="list-style-type: none"> - Fixe les directives relatives à la classification des informations vis-à-vis de la protection du secret défense - Définit les paramètres stratégiques structurants liés au soutien (politique de soutien) et aux niveaux d'interopérabilité - Élabore un calendrier de livraison prévisionnel conforme aux travaux de programmation - S'assure de la licéité des options étudiées et de leur pérennité au vu du droit international, notamment vis-à-vis du droit des conflits armés. En outre, elles doivent satisfaire les contraintes prévisibles de développement durable - Précise l'expression du besoin (rédaction de la fiche de caractéristiques militaires [FCM] stabilisées)
Élaboration	<ul style="list-style-type: none"> - S'assure de la mise à jour du concept d'emploi - Finalise la politique et le concept de soutien - Définit les conditions de transfert du système à l'utilisateur, dont son système de soutien - S'assure de la finalisation du besoin militaire dans la FCM de référence dans le cadre international - Définit les modalités de l'adoption et de mise en service opérationnelle (MSO)
Réalisation	<ul style="list-style-type: none"> - Fournit les données à caractère opérationnel et met à disposition les équipements déjà en service à intégrer ou à modifier - Planifie le déploiement du système dans les forces et s'assure de la prise en compte des conditions de transfert par l'utilisateur - Déploie le système dans les forces - Pilote les évaluations et les expérimentations technico-opérationnelles - Prépare le prononcé de l'adoption - Prépare la MSO en y associant les structures de soutien, notamment en conduisant une revue préalable visant à s'assurer que l'aptitude à l'emploi opérationnel est acquise - Met en œuvre, après l'adoption, un RETEX des premiers systèmes

<p>Utilisation</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Pilote les objectifs d'activités opérationnels et les besoins qui en découlent vis-à-vis des structures de soutien, et fixent le cadrage financier correspondant au titre du programme budgétaire « préparation et emploi des forces » - Pilote l'évolution de l'expression des besoins - Prononce la MSO du système dans les conditions définies dans l'instruction générale 1516 - Garantit la cohérence capacitaire du système en organisant des revues périodiques du système éventuellement étendues à des capacités portant sur le même périmètre - Organise le RETEX au titre du suivi en service
<p>Retrait du service</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Élabore les plans de retrait de service et des systèmes et leur mise à jour - Prononce la décision du retrait du service actif

* Désigne les stades qui sont signalés comme étant sous la responsabilité de l'EMA.

2. LES MODES D'ACQUISITION ALTERNATIFS

Nature	Exemples (France)	Avantages	Inconvénients
Externalisation de prestations de soutien	Affrètement aérien ^a Affrètement maritime ^b	Pas d'investissement patrimonial	Risque lié à une lacune capacitaire
Mutualisation de capacités	European Air Transport Command	Système de <i>pooling and sharing</i> , optimisation de flotte	Peu compatible avec le ravitaillement de forces en OPEX
Externalisation de prestations de maintenance (à un prestataire pur MCO)^c	MCO Falcon (Sabena) MCO Xingu (Cassidian Aviation Training Services) FoMEDEC (Babcock)	Gains de productivité Cœur de métier	MCO « limité », évolutions techniques
Externalisation MCO et mise à disposition de flotte	Gestion flotte Epsilon (Cassidian Aviation Training Services)		
Partenariats public-privé^d	Helidax ^e Réseaux AA ^f Hexagone Balard ^g ENSTA & ISAE CNSD – Roc Noir	Meilleure maîtrise du coût global Partage des charges d'investissement Transfert de risques	Coût de financement plus élevé Dettes implicites Peu de flexibilité Risque opérationnel
Location avec option d'achat	Projet FoMEDEC		

Source : les auteurs à partir des données issues de l'Avis 273 de l'Assemblée nationale 2017^h

^a Le ministère des Armées dispose de quatre contrats d'affrètement aérien différents : SALIS (Strategic Airlift Interim Solution) dans le cadre de l'OTAN ; avec la société ICS (International Chartering Systems) ; contrat de voie aérienne commerciale avec Bolloré Logistics ; accord-cadre avec différentes sociétés pour les affrètements d'urgence.

^b Deux marchés d'affrètements maritimes dits « à temps » avec la Compagnie maritime nantaise et un accord-cadre d'affrètement maritime en urgence.

^c Dans le sens où le MCO est le cœur de métier du prestataire, et non à l'industriel qui produit l'équipement et dont le MCO n'est pas le métier ; exemple : société Babcock, choisie pour l'externalisation du MCO dans le cadre du projet FoMEDEC (formation modernisée et entraînement différencié des équipages de chasse).

^d Différents types de contrats mis en œuvre : contrats de partenariats, locations avec option d'achat (AOT/LOA), délégation de service public (DSP). Ils impliquent le transfert de la responsabilité d'une prestation globale assortie d'objectifs de performance.

^e Mise à disposition d'une flotte neuve d'hélicoptères au profit de l'école de l'ALAT (Défense Conseil International et Proteus Hélicoptères).

^f Déploiement et soutien des réseaux de desserte de l'Armée de l'air en protocoles Internet.

^g AOT/LOA : location avec option d'achat assortie d'une autorisation d'occupation temporaire du domaine public.

1. Commission de la défense nationale et des forces armées, « [Défense, Équipement des forces – dissuasion](#) », Avis n° 273, op. cit.

3. GESTION DE LA FIN DE VIE OPÉRATIONNELLE DES EM DANS L'UNION EUROPÉENNE²

Pays	Existence d'une politique globale sur la fin de vie	Organisme en charge		Intervention sur le marché de l'occasion	Prise en compte budgétaire de la fin de vie
		de la déconstruction	de la vente sur le marché de l'occasion		
Allemagne	Oui en déclinant les stipulations du traité sur les forces armées conventionnelles	Pour les matériels à usage civil : agence fédérale VEBEG Pour les matériels de guerre : direction générale de l'armement		Oui avec 270 millions d'euros de revenus en 2009	nr
Chypre	La destruction est privilégiée. La gestion de la fin de vie se fait en association avec l'OSCE	Direction du matériel de la garde nationale en général et plus particulièrement l'unité de démantèlement des explosifs de la garde nationale	nr	Non	Informations non disponibles
Danemark	Non	Organisation pour l'achat et la logistique de défense		Oui avec un catalogue disponible en ligne	nr
Estonie	Non	Chaque état-major	Ministère de la Défense	Très peu (peu de matériels disponibles)	Pas de prise en compte mais des travaux sont en cours pour l'intégrer dans le cycle de vie des programmes
Grèce	Chaque état-major décide pour ses matériels. Les choix s'inscrivent toutefois dans un modèle global de cycle de vie	Chaque état-major avec décision finale du chef d'état-major des armées	nr	Au cas par cas	Intégration durant les travaux d'approbation du retrait

2. Extrait de Commission de la défense nationale et des forces armées, [La Fin de vie des équipements](#), op. cit., p. 56-57.

Finlande	Une politique d'ensemble a été mise en place autour de la notion de cycle de vie qui impose une cohérence économique des programmes (en maximisant le bénéfice pour l'État) et qui prend en compte l'enjeu de développement durable	Le service logistique de chaque armée pilote le démantèlement qui est généralement externalisé	Ministère de la Défense avec parfois une assistance externalisée	Rarement malgré des donations (Estonie, Afghanistan)	Intégration dès le lancement du programme et intégration dans le plan global d'équipement de la défense
Hongrie	La procédure 75/2008 du ministère de la Défense fixe les règles relatives à la fin de vie	Secrétariat d'État à la Défense et aux Infrastructures		Régie par la procédure 4/2010	Estimation dans le budget prévisionnel
Italie	Non	Organismes en charge du matériel (directions générales pour l'armement de chaque secteur) puis validation par une commission technique	Organisme qui détient les matériels	Possible	Rapport au Parlement sur la vente, l'acquisition ou le commerce des armements
Pays-Bas	Non	nr	Direction de la propriété d'État et direction du matériel de défense	Fréquemment en association avec les ministères des Finances, des Affaires étrangères et des Affaires économiques	Les recettes prévisionnelles des ventes figurent dans le budget prévisionnel de la direction du matériel de défense
Portugal	Non	Chaque état-major et une entreprise privée (IDD) pour les armes, munitions et explosifs	Ministère de la Défense nationale	Oui (290 millions d'euros prévus pour 2007-2023) mais il reste encore beaucoup à réaliser pour atteindre cet objectif	Les dépenses prévisionnelles doivent figurer dans le budget annuel

<p>Royaume-Uni</p>	<p>La politique de fin de vie est définie au travers du cycle d'acquisition. La norme du ministère de la Défense <i>The Disposal of Materiel</i> détermine l'ensemble des règles à suivre</p>	<p>Service central : <i>Disposal Service Authority</i></p>		<p>Fréquemment avec site Internet (montants des ventes disponibles depuis 1981)</p>	<p>Rapport annuel du ministère de la Défense</p>
<p>Slovaquie</p>	<p>Non</p>	<p>Chaque état-major</p>	<p>Le ministère de la Défense pilote le projet. La loi de 1998 prévoit que le choix se fasse en lien avec les ministères des Affaires étrangères et de l'Économie, la décision finale appartenant au ministre des Affaires étrangères</p>	<p>Rare car le ministère privilégie une utilisation maximale des équipements</p>	<p>Pas intégré à ce jour ; la notion de cycle de vie n'apparaissant pas prioritaire</p>

nr : non renseigné

Source : parlements de l'Union européenne

4. QUELQUES ÉLÉMENTS JURIDIQUES SUR LES EXPORTATIONS DE SECONDE MAIN (EXTRAITS³)

L'article L. 67 du code précité dispose que « les objets mobiliers ou matériels quelconques détenus par un service de l'État, dès que ce service n'en a plus l'emploi ou en a décidé la vente », doivent être remis « au service des domaines, aux fins d'aliénation, spontanément ou sur sa demande ». En application de cette disposition, les armées devraient donc remettre aux domaines tous les équipements dont elles n'ont plus l'usage ainsi que tous les équipements que la France souhaite vendre sur le marché de l'occasion.

La nature des matériels militaires empêche cependant de les intégrer directement dans un circuit civil ordinaire. Le décret du 18 juin 2010 a introduit une dérogation au principe général en prévoyant que le dispositif ne s'applique pas à trois catégories de biens mobiliers propres à la défense :

- les matériels de guerre et assimilés destinés à être vendus à l'exportation et les produits indissociablement liés à cette opération ;
- les « matériels de guerre, armes, éléments d'armes, munitions, éléments de munitions [...] dont les spécificités justifient que la cession soit à la charge du ministère de la Défense et qui sont inscrits sur une liste arrêtée conjointement par le ministre de la Défense et le ministre chargé du domaine » ;
- les biens et matériaux issus des opérations de démantèlement réalisées par le ministère de la Défense.

Ces trois catégories renvoient à des situations très diverses : le traitement d'un char en fin de vie n'est pas le même que celui de stocks de munitions ou que celui d'un équipement électronique. Pour éviter d'enfermer le ministère dans un corpus juridique trop strict, le statut des biens dont il n'a plus l'emploi est fonction de leur nature. Ainsi les matériels retirés du service peuvent être considérés comme des déchets, comme des biens déclassés ou comme des biens réservés en vue d'une possible exportation. Cette différence de traitement est indispensable car les obligations liées diffèrent selon le statut considéré.

3. *Ibid.*, p. 39-40.

5. AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES DIFFÉRENTES MODALITÉS DE DIMINUTION DE LA DURÉE DE VIE OPÉRATIONNELLE DES EM

Stratégies	Avantages	Inconvénients	Rapport(s)
« Ubérisation »	Pas de détention patrimoniale Moins de coûts de MCO Probable meilleur taux de disponibilité (sauf défaillance de l'entreprise)	Coûts plus importants en cas de besoins importants Perte d'expertise des armées sur le MCO	IHEDN [2017]
Démantèlement prématuré des EM	Possible revente des pièces détachées Stimulation de la BITD dans l'activité de démantèlement	Augmentation des coûts de démantèlement Démantèlement d'EM qui disposent d'une valeur marchande (perte d'opportunités) Risques environnementaux	Rapport Grall de 2011
Exportations d'EM de seconde main	Stimulation de la BITD Amélioration du solde de la balance commerciale Maintien des compétences stratégiques	Risque de prolifération des capacités de production d'armes Risque de vulnérabilité économique	Rapport Grall de 2011 et ce présent rapport

6. SCT ET POTENTIEL DUAL

Le travail de thèse de François-Xavier Meunier⁴ s'intéresse aux questions de dualité des technologies et propose une analyse fine de la dualité à travers la mise en œuvre de « systèmes de connaissances technologiques » (SCT), ensembles cohérents constitués de technologies considérées comme proches qui sont définies à partir de données de brevets. Il propose en particulier d'établir une hiérarchisation du potentiel dual des technologies, pour la période 2010-2012, à l'aide de deux indicateurs issus de la théorie des graphes d'influence⁵ :

1. L'indicateur d'autosuffisance mesure la contribution des entreprises de défense au développement du système sans l'utilisation de liens technologiques autres que ceux contenus dans le SCT.

2. L'indicateur d'intégration mesure la contribution des entreprises de défense au développement du système en utilisant des liens avec d'autres technologies que celles du SCT.

Le tableau ci-dessous synthétise les valeurs de ces deux indicateurs pour trois SCT.

Les contributions défense

SCT	Autosuffisance	Intégration
Technologies relatives aux missiles	0,243147	0,008059
Technologies relatives aux moteurs à réaction	0,005628	0,051035
Technologies relatives aux systèmes de communication	0,000033	0,053831

Tout d'abord, dans le SCT des technologies relatives aux missiles, la contribution des entreprises à l'autosuffisance est très forte tandis que l'intégration est très faible. Ce résultat – attendu – signifie que pour développer ce type de système, les entreprises de défense concernées s'appuient sur des connaissances/technologies spécifiques « défense ».

4. François-Xavier Meunier, « Innovation technologique duale : une analyse en termes d'influence et de cohérence », *op. cit.*

5. Roland Lantner et Didier Lebert, « [Dominance et amplification des influences dans les structures linéaires](#) », *Économie appliquée, Archives de l'Institut de science économique appliquée*, n° 68, ISMEA, 2015, p. 143-165.

Il y a dans ce cas une très faible imbrication entre recherche civile et recherche de défense.

Dans le SCT des technologies relatives au moteur à réaction, l'étude montre que les entreprises de défense contribuent à la fois à l'auto-suffisance et à l'intégration. Autrement dit, les entreprises de défense contribuent à la fois au développement interne de ce système mais aussi à son intégration au reste du paysage technologique. Ce résultat est en adéquation avec la structure industrielle dans ce secteur et confirme le fort potentiel dual de ces technologies.

Enfin, concernant le SCT des technologies relatives aux systèmes de communication (transmission de données numériques et réseau de communication), les entreprises de défense participent plus faiblement à l'autosuffisance tout en contribuant fortement à l'intégration. Ce résultat montre que le développement de ces technologies est aujourd'hui l'affaire de nombreux secteurs industriels et que la défense n'est que l'un d'entre eux. En revanche, la contribution de la défense à l'intégration de ces technologies au paysage technologique global montre que les entreprises de défense ont un rôle majeur à jouer dans la diffusion de ces technologies.

7. EXEMPLES DE RETOMBÉES CIVILES DU DÉVELOPPEMENT DES TECHNOLOGIES MILITAIRES⁶

Acteurs	Compétence/technologie militaire	Applications dans le civil
A SAFRAN	<ul style="list-style-type: none"> Maîtrise du matériau carbone pour la propulsion de missiles balistiques 	<ul style="list-style-type: none"> Freins carbone pour les avions de ligne
B DCNS	<ul style="list-style-type: none"> Maîtrise d'œuvre industrielle de grande échelle pour la conception et la production de bâtiments de combat 	<ul style="list-style-type: none"> Conception d'un champ d'hydroliennes
C THALES AIRBUS GROUP	<ul style="list-style-type: none"> Savoir-faire en matière de technologies de communication sécurisée 	<ul style="list-style-type: none"> Numérisation et sécurisation du trafic aérien (et projet SESAR)
D THALES AIRBUS GROUP	<ul style="list-style-type: none"> Composant électronique hyper fréquence utilisé notamment dans les radars et dans la guerre électronique 	<ul style="list-style-type: none"> Multiples applications dans des domaines aussi variés que le transport, la fibre optique ou l'automobile
E THALES AIRBUS GROUP	<ul style="list-style-type: none"> Technologie IFF¹ d'authentification des appareils alliés ou ennemis 	<ul style="list-style-type: none"> Système des télépéages sur autoroutes
F nexter	<ul style="list-style-type: none"> R&D conjointe avec le CEA 	<ul style="list-style-type: none"> Applications dans le traitement des données pour les véhicules
G DASSAULT	<ul style="list-style-type: none"> Commandes de vol numériques du Rafale 	<ul style="list-style-type: none"> Commandes de vol pour les avions d'affaire Falcon

¹ Identification, Friend or Foe

8. LIEN ENTRE DÉMONSTRATIONS ET EXPORTATIONS (NAVAL GROUP)⁷

Type de bâtiment	<ul style="list-style-type: none"> Frégate furtive classe La Fayette (FLF) 	<ul style="list-style-type: none"> Frégate furtive multi missions (FREMM) 	<ul style="list-style-type: none"> Corvettes Gowind (OPV¹)
Utilisation par la Marine nationale	<ul style="list-style-type: none"> 5 FLF en service dans la Marine nationale (lutte anti-piraterie, anti-terrorisme, opérations extérieures, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> 11 exemplaires commandés par la Marine nationale 	<ul style="list-style-type: none"> Concept Gowind testé durant 3 ans par la Marine nationale avec l'Adroit
Exportations	<ul style="list-style-type: none"> 5 exemplaires en Asie du Sud-Est 3 exemplaires au Moyen-Orient 	<ul style="list-style-type: none"> 1 exemplaire commandé par le Maroc Discussions en cours avec des pays du Moyen-Orient et d'Amérique du Nord et Latine 	<ul style="list-style-type: none"> 6 exemplaires en Malaisie 4 exemplaires en Egypte
Illustration			

¹ Offshore Patrol Vessel

6. Extrait de ministère des Armées, *Exportations françaises d'armement : 40 000 emplois dans nos régions*, op. cit., p. 31.

7. *Ibid.*, p. 28.

9. ÉVOLUTION DES PRIX UNITAIRES DES PRINCIPAUX MATÉRIELS DE DÉFENSE FRANÇAIS⁸

Équipement	Quantité initiale	Quantité en 2010	Coût initial (M€)	Coût 2010 (M€)	Prix unitaire initial	Prix unitaire 2010	Variation du prix unitaire
Rafale	320	286	39 073	40 690	122,1	142,3	16,5 %
Tigre	215	80	8 899	5 898	41,4	73,7	78,1 %
SNLE	6	4	16 186	17 130	2 698	4 282	58,7 %
FREMM	17	11	9 105	7 818	535,6	710,7	32,7 %
Barracuda	6	6	8 562	8 718	1 427	1 453	2 %
VBCI	700	630	2 490	2 867	3,56	4,55	27,8 %
NH90	220	160	8 787	7 759	39,9	48,5	21,4 %

10. DATE D'ENTRÉE EN SERVICE, ÂGE ET DATE PRÉVISIBLE DE RETRAIT DE CERTAINS TYPES DE MATÉRIELS À FIN 2015⁹

Type de matériel	Date d'entrée en service	Âge moyen du parc	Date prévisible de retrait de service
Ravitailleur KC 135	1964	52	2020-2025
Chasseur Mirage 2000-C	1989	23	2020
Hélicoptère Puma	1970	35	2030
Hélicoptère Gazelle	1974	30	Post 2030
VAB blindé à roues	1976	32	2029
AMX 10 RC	1980	31	Post 2030
VLTT P4	1982	24	En cours

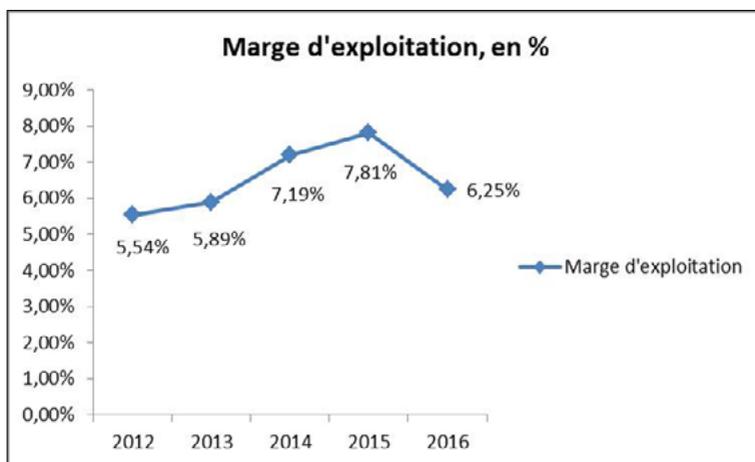
8. Extrait de Cour des comptes, *La Conduite des programmes d'armement*, op. cit., p. 50.

9. Cour des comptes, *Les Opérations extérieures de la France 2012-2015*, Communication à la commission des finances du Sénat, octobre 2016.

11. MARGE D'EXPLOITATION DES PRINCIPALES ENTREPRISES DE LA BITD (2012-2016)

La pérennité de ces entreprises est fondamentale car la conception et la réalisation de systèmes d'armes, et *a fortiori* leur utilisation, s'inscrit dans des temps longs. Dans cette perspective, s'assurer de la bonne santé financière de ces entreprises relève d'un objectif stratégique d'une politique industrielle de défense nationale. Une manière de mesurer la performance financière des entreprises de la BITD est d'observer la marge d'exploitation calculée comme le ratio entre le résultat d'exploitation et le chiffre d'affaires pour les grands groupes industriels de la défense. Cet indicateur permet notamment de s'abstraire des événements financiers et exceptionnels et de ne prendre en compte que l'activité propre des entreprises considérées. En d'autres termes, la marge d'exploitation constitue un indicateur permettant de savoir si la politique industrielle de défense promeut une industrie de défense saine sur le plan économique.

Marge d'exploitation (en %) des principaux groupes industriels de la BITD française



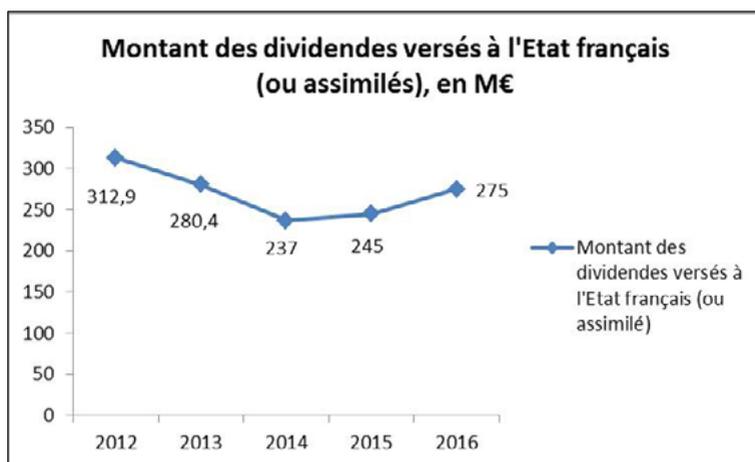
Sources : auteurs, à partir des données du *Calepin international des entreprises de défense*¹⁰

10. DGA, 2017. Les données présentées considèrent uniquement les principaux groupes industriels de défense en France en 2015 : Airbus Group, Safran, Thales, Dassault Aviation, Naval Group (DCNS) et Giat Industries – Nexter.

12. DIVIDENDES VERSÉS À L'ÉTAT FRANÇAIS PAR LES PRINCIPALES ENTREPRISES DE LA BITD (2012-2016)

La politique industrielle de défense française se caractérise par la participation de l'État dans le capital des six principaux groupes de défense en France (Airbus, Safran, Thales, Dassault aviation, Naval Group, Nexter). Cette dimension est importante car la performance d'une politique industrielle s'évalue aussi à sa capacité à dégager des ressources financières. Comme on peut le voir dans la figure ci-dessous, les dividendes ont eu tendance à décroître jusqu'en 2015 (-21,7 % entre 2012 et 2015) avant un rebond important en 2016 (+ 12,2 %). Ce rebond s'explique par la hausse des dividendes en provenance des groupes Airbus et Thales en 2016 (fondés sur l'exercice comptable 2015).

Montant des dividendes versés à l'État français (ou assimilé) en M€



Sources : auteurs, à partir des données du *Calepin international des entreprises de défense*¹¹

11. DGA, 2017. Les données présentées considèrent uniquement les principaux groupes industriels de défense en France en 2015 : Airbus Group, Safran, Thales, Dassault Aviation, Naval Group (DCNS) et Giat Industries – Nexter.

13. LES POLITIQUES D'OFFSETS DANS 15 PAYS¹²

	Seuil minimal	Niveau d'obligation de compensation	Préférences en matière de compensation
États-Unis	Pas de politique de compensation		
Brésil	1 M\$	Souvent 100 % Parfois 120 %	Principalement directe, en privilégiant l'industrie aéronautique
Japon	Pas de politique de compensation	Politique de participation industrielle au cas par cas	
Corée du Sud	10 M\$ (mais possibilité des compensations à un seuil inférieur)	50 %	Directe et indirecte*
Singapour	10 M\$	Recherche de participations industrielles allant de 25 à 30 %	Directe (quelques cas isolés d'indirecte)
Chine	Pas de politique formelle de compensation		Recherche de transferts de technologie, la production et l'assemblage sous licence, et la participation à des programmes de R&D
Inde	65 M\$	30 % (mais parfois davantage pour les contrats importants d'un point de vue stratégique)	Directe et indirecte*
Pakistan	Compensations demandées pour les programmes majeurs		
Émirats arabes unis	10M\$	60 % du coût du contrat. Les firmes peuvent détenir 49 % des entreprises en <i>joint-venture</i>	Indirecte* (recherche d'une diversification de l'économie)

12. Extrait de Fanny Coulomb, *Industries de la défense dans le monde*, op. cit., p. 48-50.

Arabie saoudite	Non spécifié	Minimum de 35 % (mais également plus de 40 %)	Directe et indirecte*
Turquie	5 M\$	50 %	Directe et indirecte*
Royaume-Uni	Pas de politique formelle de compensation	Encouragement des participations industrielles négociées au cas par cas, à hauteur de 100 % du contrat	Directe
France	Pas de politique de compensation		
Allemagne	Pas de politique de compensation		Des compensations directes telles que des accords sur le partage des coûts ou du travail sont des procédures habituelles dans les programmes de coopération
Italie	5M€	70 à 100 %	Directe et indirecte*, mais toujours liée au secteur de la défense

* Les *offsets* indirectes correspondent « à des transactions non reliées au contrat de défense, comme des engagements d'investissements dans le secteur civil ou des aides à l'exportation¹³ ». Selon le Bureau of Industry and Security (BIS), cela représenterait près de 56 % des *offsets* négociés lors de l'export d'armes américaines¹⁴.

13. *Ibid.*, p. 51.

14. Bureau of Industry and Security (BIS), [*Offsets in defense trade*](#), US Department of Commerce, décembre 2013.

IMPACT DES NOUVEAUX MODÈLES ÉCONOMIQUES INDUSTRIELS SUR LES ÉQUIPEMENTS DES ARMÉES

Dr Antoine PIETRI

ICA Benoît RADEMACHER

Cette étude traite de l'impact de l'évolution des environnements technologique et stratégique sur les cycles de vie des équipements des armées. Deux grandes tendances ont été identifiées : une amélioration exponentielle des technologies accompagnée d'une forte dualité des équipements et une croissance des coûts des équipements militaires (EM) le long de leur cycle de vie. Cette étude analyse en particulier la stratégie consistant à revendre un EM avant que sa durée de vie opérationnelle ne se termine. Si cette stratégie présente des avantages tels que la modernisation des parcs, la réduction de la sur-spécification de certains EM, la dynamisation de l'industrie de défense française et le maintien des compétences stratégiques, elle demeure cependant risquée en termes d'interopérabilité, au niveau des besoins induits en formation des personnels, et peut impliquer la création de nouveaux concurrents internationaux (notamment avec le développement des *offsets*).

É T U D E S