Le facteur spatial en économie de la défense : application à l'organisation du Maintien en Condition Opérationnelle (MCO) des matériels de défense

Josselin Droff

▶ **To cite this version:**

Josselin Droff. Le facteur spatial en économie de la défense : application à l'organisation du Maintien en Condition Opérationnelle (MCO) des matériels de défense. Economies et finances. Université de Bretagne occidentale - Brest, 2013. Français. NNT : 2013BRES0059 . tel-01089240

HAL Id: tel-01089240

https://theses.hal.science/tel-01089240

Submitted on 1 Dec 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

université de bretagne occidentale

THÈSE / UNIVERSITÉ DE BRETAGNE OCCIDENTALE

sous le sceau de l'Université européenne de Bretagne

pour obtenir le titre de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE BRETAGNE

présentée par

Josselin DROFF

Préparée à l'ENSTA Bretagne et au laboratoire AMURE (UBO)

LE FACTEUR SPATIAL EN ÉCONOMIE DE LA DÉFENSE : APPLICATION AU MAINTIEN EN CONDITION OPERATIONNELLE (MCO) DES MATERIELS DE DÉFENSE

Thèse soutenue le 28 novembre 2013

devant le jury composé de :

Catherine BAUMONT

Professeur d'économie à l'Université de Bourgogne / *rapportrice*

Jacques FONTANEL

Professeur d'économie à l'Université Pierre Mendès France Grenoble 2, chargé des relations internationales / *rapporteur*

Cindy WILLIAMS

Principal Research Scientist of the Security Studies Program at the Massachusetts Institute of Technology (MIT) / *examinatrice*

Renaud BELLAIS

Chercheur associé à l'ENSTA Bretagne, Docteur Habilité à Diriger des Recherches en économie / *examinateur*

Jean BONCOEUR

Professeur d'économie à l'Université de Bretagne Occidentale (UBO) / *examinateur*

Hervé THOUEMENT

Maître de Conférences en économie, HDR, Université de Bretagne Occidentale (UBO) / directeur de thèse

AMURE UMR CENTRE DE DROIT ET D'ECONOMIE DE LA MER

DGA

ENSTA Bretagne

"*The economy exists in and occupies space on the map; it is good that we have finally begun to acknowledge this in our models."* Paul Krugman (1998), Space : the final frontier, *Journal of Economic Perspectives* 12(3), p. 173

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Hervé Thouément, pour avoir accepté de prendre la direction de cette thèse. Je remercie l'ensemble des membres du jury. Tout d'abord les Professeurs Catherine Baumont et Jacques Fontanel qui ont accepté d'être les rapporteurs de cette thèse. Mes remerciements vont ensuite au Professeur Jean Boncoeur, à Cindy Williams et à Renaud Bellais pour avoir accepté de faire partie du jury de thèse.

Je remercie les membres de mon comité de thèse pour avoir répondu à mes diverses sollicitations. Merci donc à Denis Lemaître, Thierry Sauvin et Erwan Charles. Je remercie tout particulièrement Denis pour son soutien tout au long de mon parcours de thèse et l'accueil qu'il m'a réservé au sein du laboratoire de recherche SHS à l'ENSTA Bretagne.

Je remercie Roland De Penanros qui, depuis ma deuxième année de DEUG, a su éveiller en moi un intérêt marqué pour les questions d'économie de défense. Au-delà de la découverte de cette discipline, son soutien se retrouve dans une contribution enthousiaste aux différentes analyses proposées dans cette thèse.

Je remercie également le Professeur Jacques Aben pour ses conseils et critiques, notamment au début de ma thèse. De même, je tiens à remercier le Professeur Dominique Torre pour ses précieux conseils stratégiques qui viennent parfois à point dans la rédaction d'une thèse.

Je remercie mon beau-père, Jean-François Cadiou pour ses précieux conseils, ses compétences de « coach » et surtout pour les nombreuses relectures méticuleuses qu'il a faites sur le manuscrit de cette thèse.

Merci à mes camarades ex doctorants et actuels docteurs, Julien Malizard et Alfredo R. Paloyo. Leurs conseils et remarques ont toujours été accueillis avec intérêt. Je remercie également Guillaume Millau pour son soutien au cours de ces années de travail et son talent cartographique. Je remercie Pierre-Yves Madec pour ses conseils en mathématiques, ainsi que Jérôme Sawtschuk pour son aide sur le logiciel R. Enfin, merci à Claude Morvan pour sa contribution au travail bibliographique de cette thèse.

Merci à Francis Jouanjean, Directeur de l'ENSTA Bretagne, qui m'a grandement facilité la tâche pour l'obtention des entretiens. Je tiens également à remercier l'ensemble des personnes qui m'ont reçu lors des nombreux entretiens réalisés au cours de cette thèse.

Je remercie la Direction Générale de l'Armement (DGA) pour son soutien financier au cours de mes trois premières années de thèse. Merci aux diverses personnes ayant répondu à mes sollicitations, parfois répétées. Je pense notamment à Christine Couesnon à la DGA (MRIS) ainsi qu'à Sylvain Moura de l'Observatoire Economique de la Défense (OED).

Enfin, je remercie ma famille pour son soutien, notamment Pauline, qui partage ma vie, pour ses nombreuses relectures et son soutien « de proximité » ; mes parents pour les relectures du manuscrit ; Clément pour son aide concernant la mise en forme de la thèse et Marion pour sa contribution de traductrice aux différentes publications et communications en anglais qui ont ponctué ce travail de thèse.

Résumé de la thèse

Cette thèse questionne les choix de politiques publiques relatifs à l'organisation spatiale de la production de défense en tant que bien public. Notre cadre d'analyse permet d'intégrer le facteur spatial dans la modélisation de cette production.

Comment intégrer l'espace en économie de la défense ? Comment l'espace structure-t-il l'organisation de la production de défense ? Et inversement, comment la production de défense structure-t-elle l'espace ?

Notre travail s'intéresse plus particulièrement au cas de la France et plus précisément de la maintenance ou Maintien en Condition Opérationnelle (MCO) des matériels de défense.

En France, selon la Direction Générale de l'Armement, les coûts de MCO se situent généralement entre 35 % et 50 % du coût global de possession des matériels. En 2012, ils représentaient environ 15 % du budget de la défense. La maîtrise de ces coûts est devenue un enjeu de premier ordre depuis les années 1990. Ils constituent un problème d'actualité : sur la période 2010-2014, ces dépenses vont augmenter de 8,7 % en moyenne.

La bonne maîtrise du MCO vise à maintenir – ou améliorer – la disponibilité des matériels de défense tout en réduisant les coûts du MCO. Dans cet objectif, l'organisation spatiale du MCO est une dimension structurante d'un point de vue statique comme dynamique, compte tenu des évolutions à la fois du format des armées et de leurs équipements.

La thèse est organisée autour de quatre chapitres :

Le premier chapitre fait une revue de la littérature concernant les relations entre les activités de défense et les territoires dans lesquelles elles s'inscrivent.

Le deuxième chapitre examine les transformations contemporaines de la défense française en termes de doctrine, de budget et de dimensionnement des armées pour identifier les conséquences géographiques de ces transformations.

Le troisième chapitre s'intéresse à l'évolution du MCO des matériels de défense depuis la fin de la guerre froide. Nous étudions plus spécifiquement la disponibilité des matériels, l'évolution des coûts du MCO et les réformes mises en place par le décideur public pour améliorer le MCO.

Le quatrième chapitre questionne l'organisation spatiale optimale du MCO. Notre modélisation montre que l'espace peut être un instrument d'optimisation des coûts du MCO des matériels de défense. Cependant, il demeure une contrainte dont il est difficile de s'affranchir en raison de l'existence de coûts de transport, mais aussi et surtout de la nature même des activités de défense. Nous modélisons alors une contrainte stratégique sous la forme d'un coût social opérationnel. Cette contrainte tient compte des spécificités intrinsèques des activités militaires (*e.g.* disponibilité des matériels, localisations stratégiques imposées). Elle nous permet de souligner et de discuter l'équilibre de forces qui existe entre agglomération et dispersion dans la production de MCO.

L'apport de cette thèse est de permettre d'intégrer le facteur spatial dans la modélisation de la production de défense. Nous défendons l'idée que la compréhension de l'organisation de la production de défense ne peut se faire en faisant abstraction de l'espace. L'optimisation de l'effort de défense repose sur une dimension spatiale inhérente au concept même de défense et de territoire à défendre. En conséquence, les recherches sur l'optimalité de l'organisation de la production de défense ne peuvent que s'inscrire dans un cadre d'analyse spatiale. Cette méthodologie peut s'appliquer à d'autres dimensions de la défense que le MCO et dans un cadre multinational entre deux pays, plusieurs pays ou au sein d'une alliance.

Abstract

This research discusses public policies related to the spatial organization of defense production as a public good with industrial dimensions. Our framework enables to incorporate the spatial factor in modeling such a production.

How to integrate geographical space in defense economics? How does space structure the organization of defense production? Conversely, how does defense production structure space?

Our research deals with the case of France and more particularly with the Maintenance Repair and Overhaul (MRO) of French defense equipment.

In France, according to the *Direction Générale de l'Armement*, MRO costs represent between 35% and 50% of the whole life cycle cost of defense equipment. In 2012, they accounted for about 15% of total French defense budget. Optimizing MRO costs has become a top priority issue since the beginning of the 1990s. Such costs are still of concern during the 2010-2014 period, since maintenance equipment expenditures are rising about 8.7% on average.

A good management of MRO aims at keeping – or improving – the availability of defense equipment while at the same time reducing MRO costs. With this objective and considering the evolution of the sizes of army sections and their equipment, the spatial organization of MRO appears as a structuring dimension from both static and dynamic perspectives.

The dissertation is organized in four chapters:

Chapter I is a literature review that legitimates the methodological approach adopted in this research. We survey the regional economics literature that has mainly focused on the location of defense activities within their surrounding economic environment.

Chapter II examines the contemporary transformations in French defense (doctrine, budget and size of the army) in order to identify the geographic consequences of such changes.

Chapter III deals with the evolution of MRO since the end of the Cold War. We study the evolution of the availability of military platforms, the MRO costs evolution and the main reforms that the French State put in place to improve the management of MRO.

Chapter IV discusses the optimal spatial organization of defense MRO. Our model suggests that space provides an opportunity to optimize MRO cost. However, it remains a constraint that is hard to cope with, because of transport costs but also due to the military nature of MRO. We model a strategic constraint with an Operational Social Cost. This constraint takes into account the intrinsic specificities of military activities (e.g. availability of military platforms, strategic imposed locations). It allows us to underline and to discuss the balance of forces between agglomeration and dispersion in the production of defense MRO.

The main contribution of this research is to incorporate space in modeling defense production. We defend the idea that the organization of defense production cannot be understood without taking space into account. Optimizing the defense effort is based on a spatial dimension inherent to the concept of defense itself and the territory that has to be defended. As a result, economic research about optimality in the spatial organization of defense should fit in a spatial framework. Beyond MRO matters, our methodology can be applied to other dimensions of defense and more particularly in a multinational framework with two countries, several countries or within an alliance.

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE 14

CHAPITRE I LE FACTEUR SPATIAL EN ECONOMIE DE LA DEFENSE 33

SECTION 1 : ÉCONOMIE REGIONALE ET ECONOMIE DE LA DEFENSE : LES APPROCHES FORMALISEES 36

1.1 LES MODELES INPUT-OUTPUT (I-O) REGIONALISES 37

a) Principes de base et intérêt du modèle I-O 37

b) Formalisation du modèle Input-Output (I-O) 38

c) Limites du modèle Input-Output régional 39

d) Cas d'application du modèle Input-Output à l'évaluation des activités de défense 40

1.2 LES MODELES KEYNESIENS REGIONALISES 45

a) Théorie et intérêts du modèle 45

b) Modèle de base du multiplicateur keynésien régionalisé 46

c) Limites du modèle keynésien régional 47

d) Évaluations empiriques appliquées aux activités de défense 47

1.3 LES MODELES « DE LA BASE ECONOMIQUE » 49

a) Théorie et intérêt du modèle 49

b) Formalisation du modèle de « la base économique » 50

c) Les limites d'une approche par la base économique 52

d) Le modèle de la base appliqué aux activités de défense 53

1.4 LES MODELES ECONOMETRIQUES REGIONAUX 61

a) Les modèles économétriques régionaux « complets » 61

b) Les modèles économétriques régionaux « restreints » 64

CONCLUSION DE LA SECTION 1 68

SECTION 2 : ÉCONOMIE REGIONALE EN ECONOMIE DE LA DEFENSE : LES APPROCHES MONOGRAPHIQUES 71

2.1 DES ACTIVITES DE DEFENSE QUI STRUCTURENT L'ESPACE GEOGRAPHIQUE 73

a) La structuration de l'espace par les activités de défense : la technologie et l'histoire 73

b) La mise en évidence de structures macro-géographiques liées aux activités de défense 76

2.2 DES ACTIVITES DE DEFENSE QUI STRUCTURENT L'ECONOMIE 82

a) La problématique de la dépendance 82

b) La dépendance : l'influence des activités de défense sur l'emploi et les revenus 84

c) La dépendance : l'influence des activités de défense sur la qualification de la main d'œuvre 88

2.3 LA STRUCTURATION DE L'ESPACE PAR LES ACTIVITES DE DEFENSE ET L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE 92

a) Les différents impacts sur l'environnement des activités de défense 93

b) Le rôle régional des activités de défense : du «saupoudrage » à « l'entraînement » 95

c) Les territoires confrontés aux restructurations des activités de défense 100

CONCLUSION DE LA SECTION 2 109

CONCLUSION DU CHAPITRE I 110

CHAPITRE II UNE DEFENSE EN TRANSFORMATION : IMPACT SUR L'ORGANISATION SPATIALE DES ARMEES..... 113

SECTION 1 : LA REDEFINITION DES FONCTIONS DES ARMEES DANS UN NOUVEAU CONTEXTE GEOPOLITIQUE . 117

1.1 LE PREMIER LIVRE BLANC SUR LA DEFENSE (1972) 117

1.2 LE DEUXIEME LIVRE BLANC SUR LA DEFENSE (1994) 119

1.3 LE TROISIEME LIVRE BLANC SUR LA DEFENSE ET LA SECURITE NATIONALE (2008) 121

1.4 LE QUATRIEME LIVRE BLANC SUR LA DEFENSE ET LA SECURITE NATIONALE (2013) 125

CONCLUSION DE LA SECTION 1 128

SECTION 2 : LES CHANGEMENTS DE FORMAT ET D'ORGANISATION DES ARMEES EN FRANCE..... 130

2.1 LES BUDGETS DES ARMEES EN FRANCE : LES GRANDES TENDANCES..... 131

a) Le ratio dépenses militaires sur PIB..... 131

b) Les parts respectives entre dépenses « d'équipement » et « hors équipement » 132

2.2 LE FORMAT DES ARMEES EN FRANCE : LES EFFECTIFS 137

a) Tendances générales concernant les effectifs des armées françaises..... 137

b) Les restructurations des années 2000 140

2.3 LE FORMAT DES ARMEES EN FRANCE : LES MATERIELS..... 143

a) Les matériels de la marine nationale : l'évolution du format..... 144

b) Les matériels de l'armée de l'air : l'évolution du format..... 146

c) Les matériels de l'armée de terre : l'évolution du format..... 147

d) Les matériels des armées : une appréciation de l'évolution qualitative..... 148

CONCLUSION DE LA SECTION 2 149

SECTION 3 : TENDANCES SPATIALES DANS LES ARMEES EN FRANCE : RATIONALISATION *VERSUS* HISTOIRE ... 151

3.1 ORGANISATION ADMINISTRATIVE DES ARMEES, REPARTITION SPATIALE DES EFFECTIFS DE LA DEFENSE ET IMPLANTATIONS SPATIALES DE LA DEFENSE 152

a) L'organisation administrative des armées 152

b) Répartition spatiale des effectifs de la défense..... 155

c) Les implantations spatiales de la défense 158

3.2 LES GRANDES TENDANCES SPATIALES A L'ECHELLE REGIONALE SUR LA PERIODE 1990-2010..... 162

a) Effectifs militaires et effectifs de l'industrie de défense 162

b) Les activités de défense dans les régions françaises : spécialisation et concentration 169

c) Tendances qualitatives : un triptyque dissolution, transfert, et mutualisation 178

3.3 LE COUT SOCIAL DE REGRESSION POUR COMPRENDRE LES RECONFIGURATIONS SPATIALES DE LA DEFENSE 186

a) Le concept de coût de régression 186

b) Les « coûts du plein » pour le décideur et les « coûts du vide » dans les territoires..... 188

c) Les plans de soutien et les mesures de compensation : une estimation a minima du coût social de régression pour le décideur public ?..... 191

CONCLUSION DE LA SECTION 3 194

CONCLUSION DU CHAPITRE II 196

CHAPITRE III ANALYSE ECONOMIQUE DU MAINTIEN EN CONDITION OPERATIONNELLE DES MATERIELS DE DEFENSE 199

SECTION 1 : LA DISPONIBILITE DES MATERIELS MILITAIRES FRANÇAIS : ETUDE EMPIRIQUE D'UN PARAMETRE DETERMINANT 203

1.1 LA DISPONIBILITE DES MATERIELS DE LA MARINE NATIONALE 205

a) La disponibilité de l'ensemble de la flotte 205

b) Disponibilité des frégates 207

c) La disponibilité des TCD et BPC, chasseurs de mines, pétroliers et Aviso 208

d) La disponibilité des sous-marins 209

e) La disponibilité de la flotte aéronavale 211

1.2 LA DISPONIBILITE DES MATERIELS DE L'ARMEE DE L'AIR 214

a) La disponibilité de l'ensemble de la flotte de l'armée de l'air 214

b) La disponibilité des avions de chasse 215

c) La disponibilité des avions de transport et logistique 217

d) La disponibilité des E3F Awacs 220

e) La disponibilité des hélicoptères de l'armée de l'air 221

1.3 LA DISPONIBILITE DES MATERIELS DE L'ARMEE DE TERRE 221

a) La disponibilité des principaux matériels terrestres de l'armée de terre 221

b) La disponibilité des VAB et VBL et ERC90 Sagaie 223

c) La disponibilité des chars (AMX10, AMX30 et Leclerc) 225

d) La disponibilité des Engins Blindés du Génie, des véhicules utilitaires et de l'artillerie 228

e) La disponibilité des matériels de l'ALAT 229

CONCLUSION DE LA SECTION 1 234

SECTION 2 : LES FACTEURS D'EVOLUTION DES COUTS DANS LE MAINTIEN EN CONDITION OPERATIONNELLE DES MATERIELS 239

2.1 LA DIFFICILE ESTIMATION DES RESSOURCES ALLOUEES AU MCO 242

a) L'existant 242

b) L'indicateur tel qu'il pourrait être… 244

c) Des pistes dans l'estimation du coût du MCO ? 245

2.2 L'EVOLUTION DU COUT DU MCO : LES FACTEURS QUI DEPENDENT DU CYCLE DE VIE DES MATERIELS 247

a) Le vieillissement 247

b) Utilisation et sur-utilisation : la contrainte des Opex 254

2.3 L'EVOLUTION DU COUT DU MCO : LES FACTEURS GENERATIONNELS 258

a) Complexité des systèmes de défense et évolution non-linéaire des coûts de MCO 258

b) Evolution des technologies de défense et coûts de MCO 261

2.4 LES SPECIFICITES DE CHAQUE ARMEE, LES FACTEURS INSTITUTIONNELS ET L'HISTOIRE 272

a) Les facteurs spécifiques à chaque armée 272

b) Les situations de monopole 273

c) Les changements organisationnels et les « coûts de transition » dans le MCO 276

CONCLUSION DE LA SECTION 2 280

SECTION 3 : L'AMELIORATION DE LA GESTION DU MCO 283

3.1 LES RESSOURCES BUDGETAIRES 283

a) Les causes de « l'encoche budgétaire » sur la LPM 1997-2002 283

b) L'évolution des crédits de maintenance « par milieu » dans les années 2000 285

c) Le ratio EPM/dépenses d'équipement et l'IEM (Indicateur d'Effort de Maintenance) 288

3.2 COUT GLOBAL DE POSSESSION DES MATERIELS (CGP) ET SOUTIEN LOGISTIQUE INTEGRE (SLI) 291
a) Le Coût Global de Possession 291
b) Soutien Logistique Intégré (SLI) 294
3.3 LA RESTRUCTURATION DU MCO : SPECIALISATION ET APPROCHE PAR « MILIEU » 298
a) Le MCO naval : le Service au Soutien de la Flotte (SSF) 298
b) Le MCO aéronautique : la Structure Intégrée de Maintien en condition opérationnelle des Matériels Aéronautiques de la Défense (SIMMAD) 299
c) Le MCO terrestre : la Structure Interarmées de Maintien en conditions opérationnelles des Matériels Terrestres (SIMMT) 301
CONCLUSION DE LA SECTION 3 303

CONCLUSION DU CHAPITRE III 305

CHAPITRE IV LA SPATIALISATION DU MCO DES MATERIELS DE DEFENSE 307

SECTION 1 : L'ARBITRAGE ENTRE COUTS FIXES ET COUTS LIES A LA DISTANCE DANS LE MAINTIEN EN CONDITION OPERATIONNELLE (MCO) DES MATERIELS DE DEFENSE 311
1.1 LA CONFIGURATION SPATIALE DU MCO : LES PARAMETRES FONDAMENTAUX 312
a) L'arbitrage de base entre le coût des infrastructures et les coûts de transport 312
b) Introduction d'un paramètre stratégique dans la configuration spatiale du MCO 315
1.2 APPLICATION DU MODELE AUX DIFFERENTS TYPES DE MATERIELS 321
a) Le coût d'implantation du centre 321
b) Les coûts de transport 322
c) Le Coût Social Opérationnel (CSO) 324
1.3 APPLICATION DU MODELE AUX DIFFERENTS NIVEAUX D'INTERVENTION (NTI) 327
a) Le niveau technique d'intervention n°1 (NTI 1) 327
b) Le niveau technique d'intervention n°2 (NTI 2) 328
c) Le niveau technique d'intervention n°3 (NTI 3) 329
d) Niveaux techniques d'intervention (NTI) et paramètres du modèle 330
CONCLUSION DE LA SECTION 1 333
SECTION 2 : LE « BASCULEMENT » DU MCO D'UNE CONFIGURATION SPATIALE CONCENTREE VERS UNE CONFIGURATION SPATIALE DISPERSEE 335
2.1 MODELE, PARAMETRES ET CONFIGURATIONS SPATIALES DU MCO 335
a) Bases du modèle 335
b) Coût des configurations 339
2.2 INFLUENCE DES PARAMETRES SUR LA CONFIGURATION SPATIALE DU MCO 341
a) Influence de la taille de l'espace sur la configuration spatiale 342
b) Influence des paramètres de production sur la configuration spatiale 342
c) Influence du coût de transport sur la configuration spatiale 343
d) Influence du CSO sur la configuration spatiale 343
2.3 LE BASCULEMENT D'UNE CONFIGURATION SPATIALE DISPERSEE A UNE CONFIGURATION SPATIALE CONCENTREE 344
a) La configuration spatiale dispersée comme héritage de l'histoire 345
b) Basculement vers une configuration spatiale concentrée 346
c) Basculement dans la configuration spatiale : entre poids de l'histoire et opportunités technologiques 349
d) Illustration du modèle : cas de la maintenance de la flotte sous-marine française 352
CONCLUSION DE LA SECTION 2 359

SECTION 3 : LES FACTEURS DE LOCALISATION DES ACTIVITES DE MCO 361

3.1 LA LOCALISATION DU MCO : DES FACTEURS DE *PREMIERE NATURE* AUX FACTEURS DE *SECONDE NATURE* 363

a) Les facteurs de première nature dans le MCO : facteurs géographiques intrinsèques et facteurs géographico-stratégiques 363

b) Evolutions technologiques et organisationnelles dans la localisation du MCO: vers une relativisation du poids des facteurs de première nature? 369

3.2 LA RECHERCHE D'ECONOMIES D'AGGLOMERATION ET L'IMPORTANCE DES FACTEURS *SECONDE NATURE* DANS LA LOCALISATION DU MCO 375

a) Les concepts d'économies de localisation et d'urbanisation 375

b) Les mécanismes de sharing, matching et learning dans le MCO 377

3.3 LA RECHERCHE D'ECONOMIES D'AGGLOMERATION DANS LE MCO : UNE ILLUSTRATION A PARTIR DU *CLUSTER* AERONAUTIQUE AQUITAIN 384

a) Un développement s'inscrivant dans une trajectoire historique 384

b) Les effets attendus de cette « clusterisation » 385

CONCLUSION DE LA SECTION 3 389

CONCLUSION DU CHAPITRE IV 392

CONCLUSION GENERALE 395

INDEX DES FIGURES 406

INDEX DES TABLEAUX 408

BIBLIOGRAPHIE 409

ANNEXES 442

Introduction générale

En France, selon la Direction Générale de l'Armement (DGA), les coûts de maintenance – ou Maintien en Condition Opérationnelle (MCO) – des matériels se situent généralement entre 35 % et 50 % de leur coût global de possession[1] (Cour des Comptes 2013, p.25). Selon la Cour des comptes, ces coûts ont évolué à la hausse sur la décennie 2000. En 2010, la même Cour des comptes estimait à nouveau le coût global du MCO en hausse avec une augmentation moyenne de 8,7 % sur la seule période 2010-2014 (Cour des comptes 2013). En 2012, ce « coût de la fonction MCO » représentait environ 15 % du budget de la défense (pensions exclues) (PAP 2013)[2]. Pour les décideurs publics, dans un contexte budgétaire dégradé, la bonne maîtrise du MCO va consister à maintenir (ou améliorer) la disponibilité des systèmes de défense, tout en maîtrisant les coûts, à la fois des matériels anciens – de plus en plus coûteux à entretenir –, mais surtout des matériels récents – lesquels nécessitent davantage de maintenance avec des technologies très différentes et souvent très coûteuses –. Se pose alors la question de l'optimisation du fonctionnement du MCO et donc des diverses pistes de réforme et d'amélioration du MCO.

C'est alors tout naturellement que le Livre blanc de 2013 accorde une place à cette question en annonçant que le MCO « *doit faire l'objet d'une politique volontariste visant à en accroître l'efficience. L'arrivée de nouveaux matériels dont les coûts de maintenance peuvent être supérieurs à ceux des matériels plus anciens et l'allongement imposé de la durée d'utilisation des matériels anciens donnent à cet enjeu une importance particulière. Dans cette optique, il est nécessaire de conduire une analyse des activités de maintenance* » (Livre blanc 2013, p.126). **Cette thèse se présente alors comme une contribution à l'analyse des activités de maintenance des matériels avec une focalisation sur l'organisation spatiale du MCO**.

Si les lectures de Sun Tzu (16ème siècle AV J.-C.), de Von Clausewitz (19ème siècle), puis de Yves Lacoste (1976)[3], montrent que la géographie et l'analyse de l'espace sont inhérentes à la guerre, on peut alors se demander ce qu'il en est de l'espace comme composante de l'organisation économique de la défense. En effet, les armées défendent et

[1] Le coût global de possession correspond à l'ensemble des coûts associés à un matériel sur l'ensemble de son cycle de vie (*cf.* chapitre III, section 3 pour de plus amples détails sur cette notion).

[2] Certains analystes anticipent parfois un « coût de cette fonction MCO » atteignant jusqu'à 20 % du budget total de la défense (pensions exclues).

[3] Le titre de l'ouvrage d'Yves Lacoste (1976) est : « *La géographie, ça sert d'abord à faire la guerre* ».

occupent un espace. Dans la mesure où elles consomment des ressources pour défendre cet espace, la question de l'espace géographique pourrait se poser assez logiquement dans l'analyse économique des armées. Or, il s'avère que cette spatialisation des questions de défense n'est pas spontanément inscrite en économie de la défense. Par spatialisation, nous entendons ici la prise en compte explicite de l'espace géographique dans l'activité économique associée aux forces armées, *i.e.* l'allocation et la création de ressources associées au fait qu'un pays mette en œuvre une politique de défense et possède une armée.

Notre contribution à la spatialisation des questions économiques associées aux activités de défense se situe donc au croisement entre deux branches de l'économie : l'économie de la défense et l'économie spatiale.

L'**économie de la défense** consiste en l'application du raisonnement et des méthodes économiques à l'étude des problèmes de défense (Sandler & Hartley 1995, préface). Cette application concerne le secteur de la défense au sens large – ministères de la défense, forces armées, industries de défense – et leurs effets directs et indirects sur les plans domestiques et internationaux (Hartley 1991, p.8–9). L'économie de la défense n'a pas uniquement vocation à s'intéresser aux aspects budgétaires et monétaires de la défense, mais aussi aux questions de sécurité et de paix. Dans l'ensemble des problèmes abordés (*e.g.* organisation de la production de défense, comportements des membres d'une alliance, effets des dépenses militaires sur l'ensemble de l'économie, étude des bases industrielles et technologiques de défense, etc.)[4], la discipline « *recourt potentiellement à l'ensemble des outils à la disposition de l'économiste* » (Chaix, 2000, p. 13).

Au cœur de l'économie de la défense, il y a tout d'abord la question des dépenses militaires. La connaissance de leur évolution permet de se faire une idée des tendances en termes de ressources allouées aux activités de défense, ressources qui conditionnent bien évidemment l'organisation des armées. Avant de cibler le cas de la France – principal centre d'intérêt de cette thèse –, nous faisons un bref rappel sur le niveau des dépenses militaires et leur évolution à l'échelle mondiale.

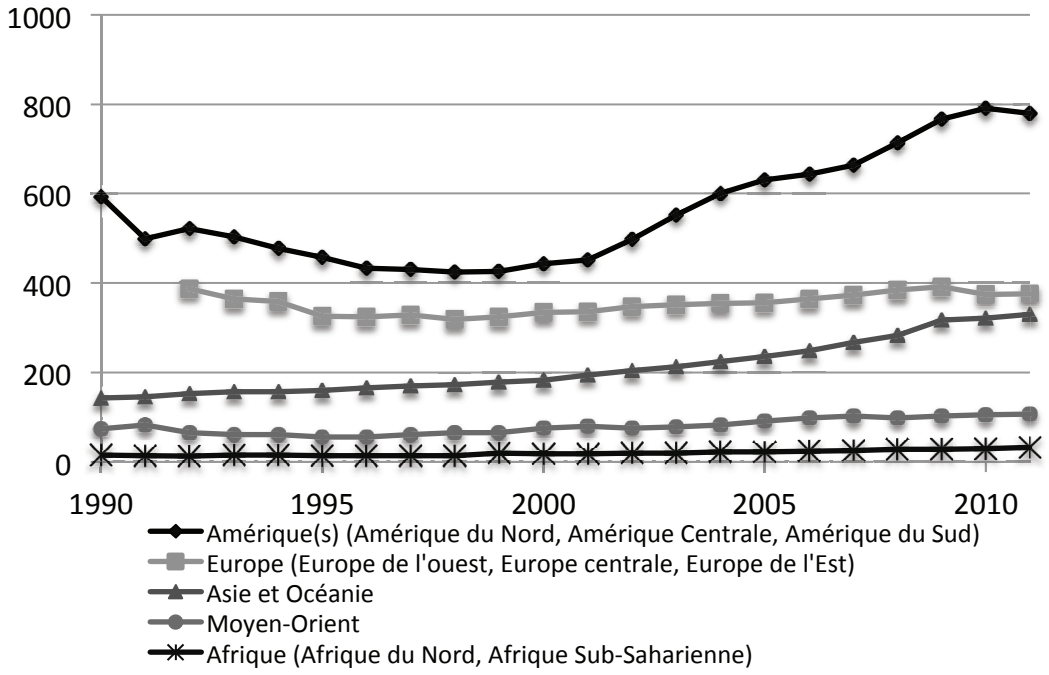
Par rapport à la décennie 1990, les dépenses de défense de l'ensemble du monde ont augmenté sur la décennie 2000 (Belanger & Fleurant 2010). Cette hausse est essentiellement due aux nouvelles tensions géostratégiques et au coût plus élevé des systèmes de défense (Boulanger, 2011, p. 41). Depuis peu, la tendance globale s'est inversée avec une baisse des dépenses militaires mondiale de 0,5 % entre 2011 et 2012 (source : *Stockholm International*

[4] Pour un aperçu de la littérature sur ces questions, se référer aux *Handbooks* de Sandler et Hartley (1995, 2007).

Peace Research Institute). C'est la première fois que ces dépenses reculent depuis 1998 (Pflimlin, 2013). Cette baisse est due aux réductions des dépenses imposées par des contextes budgétaires fortement dégradés, notamment dans les pays industrialisés.

Cependant, ces tendances globales masquent une évolution différenciée des dépenses militaires selon les différentes « zones du monde » (*cf.* figure 1).

Figure 1 Dépenses militaires pour les grandes « zones du monde » (en milliards de dollars US)



Source : SIPRI, données exprimées en milliards de $ US, prix constants de 2010, taux de change de 2010.

Sur la décennie 2000, la tendance générale concernant les budgets de défense des grandes puissances – États-Unis, mais surtout les BRIC (Brésil, Russie, Inde et Chine) – est à la hausse. Les trois dernières années sont plus nuancées en termes de tendance.

Après une phase de baisse dans les années 1990, les dépenses militaires américaines sont à la hausse dans les années 2000 (+ 81 % entre 2001 et 2010) (Teissier 2012, p.10). Cette hausse est principalement causée par les interventions en Irak et en Afghanistan, mais aussi par la modernisation des équipements (Boulanger, 2011). À la fin des années 2000, les États-Unis comptent à eux seuls plus de 40 % des dépenses militaires mondiales. Depuis 2010, les dépenses militaires américaines sont plutôt en baisse, avec une inversion de tendance peu probable, dans la mesure où la loi de contrôle budgétaire américaine exige de fortes réductions dans les dépenses publiques (dont environ la moitié concernera les dépenses militaires).

La tendance est très différente du côté des BRIC dont les dépenses militaires cumulées représentaient en 2010 environ 15 % du total mondial (contre moins de 10 % en 2000). Ainsi, entre 2001 et 2010, les dépenses militaires ont augmenté de 190 % en Chine, 82 % en Russie, 55 % en Inde, 29 % au Brésil (Teissier 2012, p.10). Outre le fait que ces pays souhaitent devenir des puissances reconnues, nous retrouvons ici un argument classique de l'économie publique qui explique ces tendances : le besoin de sécurité s'accroît avec la croissance du PIB. En investissant dans la défense, ces pays cherchent à développer l'autonomie de leur base industrielle et technologique de défense (BITD) (Coulomb, 2011).

En Asie et Océanie, la croissance des dépenses militaires est continue, avec une accélération au début des années 2000 (Belanger & Fleurant 2010). En 2012, les dépenses militaires des pays d'Asie dépassent celles des pays européens. En Chine notamment, on estime que les dépenses militaires représentent 2 % du PIB depuis maintenant plusieurs années. Ces mêmes dépenses augmentent régulièrement sur la décennie 2000. En 2013, le pays a le deuxième budget de défense au monde et pèse 8,2 % des dépenses mondiales (contre seulement 5,8 % en 2008 et 3,2 % en 2000). En réaction à la modernisation de la défense chinoise, d'autres États asiatiques accroissent aussi leurs dépenses militaires (*e.g.* Indonésie, Japon, Corée du sud).

La hausse des dépenses militaires est également considérable en Russie[5]. La Russie a désormais le troisième plus gros budget militaire mondial, devant le Royaume-Uni et la France. Ces dernières années, le pays a engagé une modernisation sans précédent de son outil de défense[6]. La Russie n'est pas un acteur isolé de cette zone. Par exemple, les dépenses militaires de l'Ukraine ont sensiblement crû ses dernières années.

Enfin, outre le rôle important des pays émergents et notamment des BRIC, d'autres « zones du monde » voient leurs dépenses militaires s'accroître substantiellement. Malgré toutes les précautions à adopter concernant l'accès à des données fiables, l'Afrique – surtout l'Afrique du nord – a augmenté ses dépenses militaires de façon notable sur la décennie 2000 (+64 % entre 2001 et 2010) (Mampaey 2012, p.10). Au Moyen-Orient, le manque de transparence rend également difficile la restitution de tendances précises et fiables. Néanmoins, il a été estimé que les dépenses militaires de cette région du monde ont augmenté

[5] Les dépenses militaires russes représentaient environ 4,4 % du PIB en 2012 (contre 4,1 % en 2011 et moins de 3 % au début des années 2000). Compte tenu des difficultés de calcul et de l'imprécision relative à l'estimation des dépenses militaires pour ce pays, ces chiffres doivent être pris à titre indicatif.

[6] À titre d'illustration, voir Delanoë (2013) pour un exercice prospectif sur la modernisation de la flotte militaire russe de la mer Noire à l'horizon 2020. La modernisation de la flotte aéronautique russe est également bien engagée (*cf.* « Russie : le réveil de l'ours », *Air&Cosmos*, Hors-série aviation militaire, juillet 2013, p. 24-27.

sur la décennie 2000. Elles représentaient 111 milliards de dollars en 2010 avec une hausse de 35,5 % par rapport à 2001 (Mampaey 2012, p.13).

En Europe, à la fin de la guerre froide, les dépenses militaires se sont stabilisées[7]. Après une progressive remontée des dépenses militaires dans la décennie 2000, la crise actuelle et les contextes budgétaires dégradés font peser de fortes contraintes sur les budgets de défense des États européens qui restent constants, voire se réduisent. Dans ce contexte de crise, les ajustements budgétaires passent généralement par la réduction d'effectifs et/ou la baisse des investissements. La France tend plutôt à stabiliser ses dépenses d'investissement et à réduire fortement ses effectifs, tout comme l'Allemagne qui suspend le service militaire obligatoire. L'Italie maintient ses effectifs mais réduit drastiquement les investissements. Le Royaume-Uni associe les deux mesures. Les restructurations y sont très fortes avec une réduction de près de 8 % du budget de défense entre 2011 et 2015 et de nombreuses suppressions d'emplois (Sammeth, 2013, p. 84).

Les tendances sont alors très différentes selon deux groupes de pays : d'un côté des pays en croissance économique avec des dépenses militaires qui augmentent (*e.g.* BRIC, Moyen-Orient), d'un autre côté des pays en récession – ou à la croissance économique très faible – avec des dépenses militaires qui stagnent ou diminuent (*e.g.* États-Unis, Europe). « *Nous assistons à ce qui pourrait être le début d'un changement dans l'équilibre des dépenses militaires mondiales, des pays riches occidentaux vers les régions émergentes. Tandis que les politiques d'austérité et la réduction des effectifs en Afghanistan réduisent les dépenses pour les uns, les fonds liés à la croissance économique continuent d'augmenter pour les autre*s » (Perlo-Freeman *in* Pfimlin (2013)).

L'évolution différenciée des budgets accroît les impératifs d'optimisation de l'organisation des armées des grandes puissances militaires « traditionnelles ». Aujourd'hui, l'effet de crise économique se fait donc sentir pour les grandes puissances militaires comme les États-Unis ou les pays européens, et ce dans une tendance longue de croissance des dépenses de défense (Boulanger, 2011, p. 44). Une grande partie de la croissance des dépenses militaires est liée à de l'équipement en systèmes de défense. Pour les grandes puissances militaires, la combinaison d'une hausse des coûts de la défense – et notamment de

[7] En réalité le basculement du mouvement de militarisation mondial ne commence pas avec la chute du mur de Berlin, mais auparavant avec un somment dans les dépenses militaires mondiales et dans les ventes d'armement atteint dans la période 1987-1988. « *De ce point de vue, le changement du monde serait mieux symbolisé par le traité de Washington de décembre 1987 sur les « euromissiles » qui aboutit à une destruction réelle d'armement* » (Hébert *in* Delas et Deblock (2003, p. 437)).

la maintenance des systèmes d'arme – avec une croissance relativement faible – et donc de moindres ressources fiscales – fait pression sur les budgets des États. Cette pression incite à optimiser l'effort de défense. Une des voies pouvant être envisagée consiste à améliorer l'organisation des activités de défense et notamment l'organisation du MCO des matériels.

Notre travail s'intéresse plus particulièrement au cas de la France. À ce titre, l'organisation de l'armée française – et plus précisément du MCO des matériels de défense français – constitue notre terrain de recherche. Comme la plupart des pays européens, la France est soumise à des contraintes budgétaires fortes et les armées contribuent à l'effort budgétaire du pays. Ainsi, en France, comme dans d'autres pays voisins – par exemple le Royaume-Uni ou l'Allemagne – l'effort de réorganisation de la défense est considérable. Illustratif de cet effort, un rapport du Sénat notait en 2009 à propos du programme « Préparation et emploi des forces » : *« Au-delà de la déflation des effectifs, il* [le programme] *témoigne d'une réorganisation des méthodes de travail avec la mutualisation et la rationalisation du soutien commun, les restructurations territoriales, le déploiement des bases de défense, la poursuite des expérimentations d'externalisation (…) Ce programme concentre donc toutes les problématiques de la gestion des ressources humaines des armées (…) la grande manœuvre des ressources humaines programmée est beaucoup plus qu'une réduction des effectifs. Il s'agit d'une réforme, sans précédent, des méthodes de gestion des armées* » (Dulait & Carrère 2009, p.5–9).

La dernière réforme entreprise au sein des armées en France est en effet très ambitieuse. Elle combine les impératifs de la Révision Générale des Politiques Publiques (RGPP) – actuellement Modernisation de l'Action Publique (MAP) – et les préconisations des Livres blancs de 2008 et de 2013. Elle impose simultanément des réductions d'effectifs, des restructurations géographiques et des réorganisations fonctionnelles, dans l'opérationnel comme dans le soutien. Cet ensemble de changements est une véritable mutation dans l'organisation de la défense française. Notre recherche s'inscrit dans ce contexte de réformes majeures, aux conséquences plurielles pour les armées, comme pour les territoires dans lesquels elles s'insèrent.

Notre recherche s'inscrit également dans le cadre analytique de l'**économie géographique** (ou « économie spatiale » au sens de Rallet et Torre (1995) comme l'ensemble

des travaux qui, en économie, « *à un titre ou à un autre, ont constitué l'espace en objet de recherche* » (Rallet & Torre, 1995, p. 3)[8]).

Cette branche de l'économie cherche à prendre en compte les paramètres qui structurent une économie, comme les coûts de transports associés à la distance et qui poussent à la dispersion des activités économiques, ou les économies d'échelle et d'agglomération qui, au contraire, poussent à la concentration des activités économiques (Fujita *et al.* 1999; Fujita & Thisse 2002).

S'inspirant de différents courants d'analyse comme l'économie industrielle, les théories du commerce international, les théories de la croissance endogène ou l'économie urbaine, « *l'économie géographique apporte toute une série d'éclairages nouveaux quant à l'influence des facteurs géographiques sur le fonctionnement des économies : coûts de transaction, incluant les coûts de transport, coûts d'interaction, économies d'agglomération… Elle opère à des échelles spatiales variées : ensembles internationaux et nationaux, régions, espaces urbains et intra-urbains.* » (Baumont *et al.*, 2000, p. 3).

Dans la suite de ce travail, nous employons indifféremment les termes économie spatiale et économie géographique, disciplines qui cherchent à comprendre et à expliquer la structuration de l'espace par les activités humaines, à l'aide de concepts et d'outils économiques. Ces derniers sont fréquemment issus de l'économie industrielle *« source d'inspiration la plus ancienne de l'économie géographique* » (Baumont *et al.* 2000, p.2). Plus largement, notre recherche s'inscrit dans un domaine plus large qu'est la « science spatiale » entendue ici comme discipline « *mobilisant des techniques analytiques reconnaissant explicitement l'espace* » (Chan, 2001, p. 3)[9]. Nous allons donc aborder l'organisation de la défense sous l'angle de l'économie spatiale, c'est-à-dire à partir d'outils et de concepts propres à cette discipline. Les questions générales qui guident notre démarche sont les suivantes :

Comment intégrer l'espace géographique en économie de la défense ? En quoi les particularités de l'économie de la défense amènent-elles à questionner les modèles

[8] Pour une présentation historique détaillée de la discipline, nous renvoyons à l'ouvrage de Ponsard [1958] (1983) et pour un examen des questions soulevées par la discipline on conseillera : Fujita et Thisse (1997), Fujita *et al.* (1999), Baumont *et al.* (2000), Fujita et Thisse (2002) et Combes *et al.* (2006).

[9] *Spatial science is defined to mean* « *the analytical techniques that explicitly recognize the spatial elements in a study. The term spatial science, when used in this context encompasses the traditional disciplines of facility location, transportation, logistics, land use, regional science, quantitative geography and spatial economics* » (Chan, 2001, p. 3).

d'économie spatiale ? Comment l'espace géographique structure-t-il l'organisation de la production de défense ? Comment la production de défense structure-t-elle l'espace ?

Cette recherche a alors pour principale ambition de poser l'ébauche d'un cadre méthodologique permettant de discuter du coût d'organisation d'une armée dans l'espace. Notre travail, majoritairement qualitatif, se présente comme une approche différente permettant d'appréhender certains problèmes dans l'organisation de la défense. Nous y développons des outils et des concepts afin de mieux comprendre les dynamiques de spatialisation associées aux activités de défense. Dans le but de proposer un champ d'application plus précis aux concepts de l'économie spatiale, nous nous intéressons plus particulièrement à l'organisation spatiale de la maintenance des matériels de défense ou MCO. Tout au long de cette thèse, conformément aux analyses d'économie spatiale, nous faisons souvent référence à des tendances stylisées (*e.g* dans l'évolution des coûts de production, des coûts de transport, des coûts d'interaction des agents économiques, des coûts de coordination entre activités lorsque la production est « éclatée » dans l'espace) et des forces (*e.g* forces d'agglomération et de dispersion).

L'aspect évaluatif que l'on retrouve dans la plupart des travaux en économie de la défense – notamment en économie régionale qui occupe une place conséquente dans la littérature – est donc volontairement abandonné pour se concentrer sur les aspects organisationnels, fonctionnels et géographiques des activités de défense. De même, l'absence de données suffisamment précises limite les possibilités d'application des méthodes de l'économétrie spatiale. Nous réservons des développements dans ce sens pour des travaux futurs.

Les termes « espace » et « espace géographique » recouvrent des réalités complexes. S'il est souvent très difficile de leur donner une définition unique pleinement satisfaisante (Polèse 1994, p.37), il n'est toutefois pas inutile à ce stade de clarifier quelque peu notre propos quant au sens de ces mots.

Le géographe Berque (1992) définit l'espace géographique comme « *un tissu de caractéristiques, de relations que les hommes établissent entre les lieux dans l'étendue terrestre* » (Berque *in* Bailly *et al*. (1992)). Terme à la signification plurielle selon les approches académiques, « espace » peut évoquer tour à tour milieu, écoumène, territoire, environnement, région, paysage et autres concepts qui peuvent lui servir de synonyme. On parle aussi d'espace terrestre, social, résidentiel, théorique, géométrique ou mathématique.

On utilise aussi le terme « espace » pour désigner une réalité plus abstraite, plus générale, englober un tout sans s'attacher à décrire des particularités. À ce titre, nous pouvons citer l'axiomatique de Beguin et Thisse (1979) pour qui l'espace est un ensemble de lieux, dotés d'attributs et séparés par une distance. C'est dans cet esprit plus général que nous employons le terme « espace » dans cette thèse. Cette volonté de généralisation pousse à un certain niveau d'abstraction que l'on retrouve dans les modèles d'économie spatiale. En revanche, nous préférons le terme « territoire » lorsqu'il s'agira de confronter notre réflexion au réel spatialisé dans toute sa complexité[10].

Pourquoi vouloir intégrer le facteur spatial à l'économie de la défense ? Nous pensons que c'est d'abord sous l'angle de la réduction des coûts et de l'optimisation spatiale de l'organisation de la défense qu'il faut appréhender le problème.

Dans la maintenance des matériels de défense, cas d'étude de cette thèse, les coûts ont augmenté pour diverses raisons. Parmi les facteurs identifiés, la technologie et son évolution sous forme d'infrastructures et compétences associées occupent une place importante[11]. Pour répondre à cette augmentation des coûts sous contrainte budgétaire, la concentration spatiale de la production de MCO est souvent envisagée. Ainsi, dans le MCO aéronautique, le Sénat préconisait de centraliser le soutien des aéronefs pour réaliser des économies d'échelle[12]. La concentration de la production, en permettant des économies d'échelle, serait une solution au problème des coûts. L'espace apparaît alors comme dimension nécessaire de l'efficacité de l'organisation de la production de défense.

Cependant, l'économie spatiale nous apprend que le résultat qu'on peut attendre de la concentration d'activités productives n'est pas si évident. D'abord parce que l'espace géographique engendre en soi des coûts de transport. C'est l'hypothèse à la base des raisonnements de l'économie spatiale (Ponsard 1955). Ensuite, parce que nous traitons ici d'un domaine où la distance est susceptible d'engendrer des coûts stratégiques liés à la nature même des activités de défense (*e.g.* des temps d'indisponibilité croissants avec la distance).

---

[10] On retrouve ici les fondements de la distinction espace/territoire, qui s'illustre chez les économistes en *Regional Science* ou chez les géographes à travers le « débat *place/space* »(Géneau de Lamarlière & Staszak 2000).

[11] Nous détaillons précisément les facteurs d'augmentation des coûts dans le troisième chapitre de cette thèse, entièrement consacré à l'analyse du MCO des matériels de défense.

[12] « *La principale évolution technique à l'horizon 2015 est que les aéronefs seront moins nombreux, mais technologiquement plus complexes. Il sera donc nécessaire de professionnaliser et de centraliser le MCO* » (Fréville 2008, p.50)

Donc, pour rationaliser l'organisation des armées et notamment du MCO, le décideur public envisage la réalisation d'économies d'échelle *via* une concentration spatiale de la production de MCO. Cette option entraîne des avantages car elle permet de réduire les coûts de maintenance. Mais elle engendre aussi de nouveaux problèmes en faisant apparaître d'autres coûts liés à la distance (coût de transports génériques, propre à n'importe quelles activités économiques et coût stratégiques, spécifique aux activités de défense). C'est bien la prise en compte de ces avantages et inconvénients qui est au cœur d'une **économie spatiale de la défense** – et plus particulièrement du MCO, principal objet d'étude dans cette thèse –. Elle justifie le fait que certaines spécificités propres aux activités de défense peuvent amener à questionner les modèles d'économie spatiale.

Pour structurer notre recherche, nous définissons quatre champs d'interrogation auxquels nous apportons des éléments de réponse dans les quatre chapitres constitutifs de cette thèse :

1) Dans quelle mesure et par quels outils la littérature en économie de la défense a-t-elle cherché à intégrer le facteur spatial ?
2) Quelles tendances récentes peut-on identifier dans l'organisation de la défense en France et quelles sont les conséquences spatiales de ces tendances ?
3) Comment les coûts du Maintien en Condition Opérationnelle (MCO) des matériels de défense ont-ils évolué sur la période qui nous intéresse (1990-2010 et plus) ? De quels principaux facteurs cette évolution dépend-t-elle ?
4) Quels sont les différents paramètres influençant la configuration spatiale du MCO des matériels de défense ? La production de maintenance doit-elle être concentrée spatialement ou au contraire dispersée ? Quels sont les facteurs de localisation dans le MCO ?

Premièrement : *Dans quelle mesure et par quels outils la littérature en économie de la défense a-t-elle cherché à intégrer le facteur spatial dans l'analyse des activités de défense ?*

Le **premier chapitre** recense dans la littérature la manière dont sont abordées les relations économiques entre les activités de défense et l'espace géographique.

Tout naturellement, l'économie régionale s'est beaucoup intéressée à l'implantation des activités de défense et aux relations que ces dernières entretiennent avec leur environnement économique. Cette littérature étant par définition « régionalisée », *i.e.*

analysant des espaces infranationaux de tailles variables, l'espace devrait alors y occuper une place importante. Nous verrons que si l'espace est toujours sous-jacent dans ces analyses, il n'est en revanche presque jamais pris en compte de manière explicite.

Nous recensons dans la littérature de l'économie régionale les différentes méthodes mobilisées par les auteurs dans l'étude de l'impact des activités de défense sur un espace infranational donné (*e.g.* région, *county*, *Metropolitan Statistical Areas (MSA)*, ville). Nous construisons une typologie séparant les modèles formalisés les plus usités (*e.g.* modèles Input-Output, modèles « de la base économique », modèles keynésiens, modèles économétriques) des monographies.

Nous concluons que l'économie régionale utilise, soit des modèles d'évaluation quantitative avec peu de prise en compte de l'espace, soit des approches qualitatives, sous forme de monographies, qui prennent en compte l'espace mais, dont la portée généralisante reste limitée du fait même de la méthode employée. Globalement, la revue de la littérature révèle alors une relative absence de théorisation de la dynamique spatiale liée aux activités de défense dans leur environnement. Ceci marque une des « frontières de la littérature » concernant la prise en compte du facteur spatial en économie de la défense.

Le passage en revue de la littérature ouvre alors de nouvelles perspectives de recherche dans lesquelles les dynamiques économiques entre activités de défense et espace peuvent être analysées plus explicitement et avec davantage de généralisation. Une telle démarche, *a priori* encore non entreprise à ce jour, est susceptible d'être initiée à partir de l'économie spatiale. Le cadre théorique de l'économie spatiale nous semble approprié afin d'intégrer le facteur spatial dans l'organisation de la production de défense et plus particulièrement du MCO des matériels de défense.

Deuxièmement : *Quelles tendances récentes peut-on identifier dans l'organisation de la défense en France ? Quelles sont les conséquences spatiales de ces tendances ?*

Avant d'aborder explicitement la question du MCO, le deuxième chapitre présente le contexte dans lequel s'insère notre analyse. À partir des données existantes et accessibles, nous étudions, pour le cas de la France, les transformations de la défense depuis la fin de la guerre froide. Ces transformations sont plurielles – doctrinales, budgétaires, organisationnelles, technologiques, humaines – et ont un impact sur l'organisation spatiale de la défense. Un effort particulier a été accordé à la quantification de ces transformations.

Nous présentons d'abord l'évolution de la doctrine à travers les différents Livres blancs. L'examen de la doctrine officielle montre que le modèle d'armée hérité des années de la guerre froide se réforme en tenant compte de nouveaux paramètres géopolitiques, technologiques et économiques. La tendance est à la rationalisation dans les armées, une tendance qui se consolide dans le Livre blanc de 2013.

Sur le plan quantitatif, à travers des réformes successives entreprises depuis la fin de la guerre froide, le format des armées diminue. Les budgets sont fortement contraints, les forces se réduisent – sur le plan des effectifs et des matériels –, dans l'opérationnel comme dans le soutien.

Sur le plan qualitatif, on assiste à la professionnalisation des armées et à son corollaire correspondant à une armée de métier : une augmentation de la qualification de la main d'œuvre (civile comme militaire). Du côté des matériels, les systèmes de défense sont de plus en plus complexes ce qui leur vaut parfois le qualificatif de « *systèmes de systèmes* » (Gates, 2004). Les matériels incorporent des technologies de défense de plus en plus sophistiquées, mais aussi de plus en plus coûteuses.

Enfin, nous proposons une analyse des grandes tendances spatiales observées dans l'organisation de la défense en France. Ces tendances spatiales sont la conséquence des transformations décrites précédemment. Pour cela, nous construisons une base de données originale et combinons une analyse quantitative basée sur la construction d'indices régionaux – Hoover-Balassa, Herfindhal et Theil – avec une approche plus qualitative des mouvements géographiques sur la période allant de 1990 à 2010.

Notre analyse montre que des territoires « perdent » des activités de défense tandis que d'autres « en gagnent ». La mise en évidence de cette dynamique spatiale amène naturellement à poser la question des enjeux économiques des restructurations de la défense. Nous construisons alors une grille d'analyse « Rationalisation *versus* Histoire » qui nous permet d'intégrer dans l'analyse le point de vue du décideur public comme celui des territoires accueillant des sites liés à la défense. Nous revisitons notamment le concept de « coût de régression » (Allais, 1951; Lesourne, 1955) en considérant un décideur public cherchant à maximiser l'utilité collective des armées sous une contrainte économique (rationalisation), mais aussi géographique (le poids de l'Histoire).

Ce chapitre renforce la légitimité contextuelle d'un questionnement sur l'efficacité de l'organisation spatiale de la défense, mais il montre aussi l'hétérogénéité des enjeux sous-

jacents aux transformations de la défense. Il permet de mieux appréhender le contexte général dans lequel s'insère notre analyse du MCO des matériels de défense.

Troisièmement : *Comment les coûts du MCO ont-ils évolué sur la période 1990-2010 ? De quels principaux facteurs cette évolution dépend-t-elle ?*

Le soutien intègre l'ensemble des moyens contribuant à la mise en œuvre des forces armées. Dans un **troisième chapitre**, afin de restreindre notre champ d'analyse, nous nous focalisons sur une partie du système de soutien de la défense d'un pays : le Maintien en Condition Opérationnelle (MCO) ou « maintenance » des matériels de défense.

Maintenance, soutien des matériels ou MCO sont des termes recouvrant un même ensemble de services : les opérations de révision, réparation, contrôle permettant de garder les matériels en bon état opérationnel, c'est-à-dire aptes à remplir des missions en réponse à diverses sollicitations politico-militaires. Le MCO recouvre donc l'ensemble des opérations de maintenance ayant pour finalité le maintien des performances, du potentiel et de la disponibilité des matériels dans un état spécifié. En articulant les impératifs techniques et économiques, sa finalité est d'assurer la disponibilité des systèmes de défense dans un rapport efficacité/coût de soutien le plus élevé possible en corrigeant : les effets de son emploi (*e.g.* pannes et remplacement des éléments consommables), les effets du vieillissement (*e.g.* corrosion et les obsolescences) et les défauts constatés (*e.g.* fiabilité insuffisante, nouvelles prescriptions réglementaires).

Le choix du MCO pour cette recherche nous semble pertinent pour au moins quatre raisons. D'abord, ce domaine est très peu étudié en économie de la défense (1). Ensuite, il apparaît comme une activité industrielle assez homogène et relativement facile à isoler de l'activité des armées (2) (en ce sens, il est par exemple possible d'un point de vue conceptuel de considérer le MCO comme un service rendu aux armées). De plus, il nous semble suffisamment dimensionnant sur le plan industriel pour avoir un impact significatif sur l'activité économique des territoires concernés (3). Enfin, les problèmes économiques liés à sa gestion – notamment la disponibilité des matériels ou la croissance des coûts de MCO pour les matériels anciens comme pour les matériels nouveaux – sont d'actualité (4).

Le troisième chapitre s'intéresse alors à l'évolution du MCO des matériels de défense depuis la fin de la guerre froide. Deux paramètres sont particulièrement intéressants à étudier : la disponibilité des matériels et les coûts du MCO.

La disponibilité est un paramètre « clé » dans l'organisation du MCO des matériels de défense. Sur la base de différents rapports publics – Cour des Comptes, Assemblée Nationale, Sénat, rapports du ministère de la défense –, nous construisons une base de données originale afin de conduire une analyse statistique. Nous mettons d'abord en évidence qu'une « crise de disponibilité » a affecté la plupart des matériels de défense à la fin des années 1990 – début des années 2000. Cette « crise de disponibilité », soulignée dans de nombreux rapports publics, a été un élément déclencheur dans la prise de conscience de l'enjeu du MCO dans la défense. Si les causes de cette crise sont plurielles et assez complexes, il semble néanmoins qu'une réduction des crédits de maintenance, combinée avec une croissance des coûts de maintenance ait été un élément explicatif important. Ensuite, nos données montrent que si la disponibilité s'améliore par rapport à la situation du début de la décennie, elle reste aujourd'hui relativement fragile, notamment à cause des coûts croissants du MCO, des budgets contraints et des matériels fortement sollicités lors des opérations les plus récentes (Afghanistan, Libye et Mali).

La croissance des coûts de maintenance occupant une place centrale dans la problématique du MCO, nous nous intéressons alors plus en détail aux facteurs d'évolution de ces coûts. L'obtention de données précises et fiables est difficile dans ce domaine. Néanmoins, la prise en compte de la littérature empirique existante (*e.g.* travaux de la *RAND Corporation*), d'informations issues de la presse spécialisée et de données collectées par nos soins sur le terrain montre que les coûts du MCO tendent à augmenter. Ces tendances sont confortées par les rapports publics les plus récents de la Cour des Comptes et du ministère de la défense.

À partir de l'exploitation des données originales collectées auprès des services de l'État spécialisés dans la gestion du MCO, mais aussi d'entretiens semi-directifs réalisés avec des responsables en charge de la maintenance des matériels, nous catégorisons les principaux facteurs influençant la croissance des coûts. Notre typologie distingue trois principales catégories de facteurs : les facteurs dépendant du cycle de vie des matériels (1), les facteurs générationnels (2) et les facteurs historiques et institutionnels (3).

Ensuite, nous présentons les principaux outils et réformes mis en place ces quinze dernières années pour améliorer le MCO. Ces différentes réorganisations ont pour point commun une réduction des coûts du MCO à travers l'amélioration de la productivité de la maintenance et la réalisation d'économies d'échelle. L'approche adoptée est essentiellement

descriptive dans la mesure où le peu de recul et l'absence de données *ex ante* ne permettent pas de conclure sur l'impact de ces différentes réformes sur les coûts.

Néanmoins, de par leur ampleur, les différentes mesures mises en œuvre – modification des conceptions des programmes d'armement incorporant le MCO, création de nouvelles structures administratives en charge du MCO, nouvelles approches contractuelles entre industriels et État dans le MCO – montrent que le MCO et sa réorganisation sont porteurs d'enjeux économiques majeurs. En particulier, la réorganisation du MCO implique des changements dans l'organisation spatiale de la production de maintenance (*e.g.* fermeture de sites de maintenance, concentration de la production dans d'autres sites). La réorganisation du MCO a donc un aspect spatial qu'il convient d'explorer de façon plus rigoureuse. C'est l'objet du quatrième chapitre de cette thèse.

Quatrièmement : *Quels sont les différents paramètres influençant la configuration spatiale du MCO des matériels de défense ? La production de MCO doit-elle être concentrée spatialement ou au contraire dispersée ? Quels sont les facteurs de localisation du MCO ?*

Le **quatrième chapitre** traite de l'organisation spatiale du MCO des matériels de défense (matériels aéronautiques, navals et terrestres). À notre connaissance, une telle démarche n'a jamais été entreprise dans la littérature.

À l'origine de notre réflexion et compte tenu de la hausse des coûts de maintenance des matériels, se trouve l'hypothèse que l'organisation du MCO est améliorable en termes d'efficience. Par efficience, nous entendons la moins coûteuse des distributions de ressources sur un espace donné en vue de produire des biens et services[13]. Dans notre approche, nous considérons que la défense cherche à minimiser le coût du MCO pour un ensemble de contraintes données. Cette logique, somme toute assez classique en économie spatiale, se complique lorsqu'il s'agit d'appliquer des logiques économiques à un domaine où les décisions se prennent essentiellement sur des critères stratégiques. L'organisation de la défense répond en effet à des contraintes diverses.

Ces contraintes peuvent être d'ordre économique (*e.g* coût de transport, technologie, impératifs budgétaires avec réalisation d'économies de moyens et amélioration de la

[13] "*Efficiency […] means the least costly distribution of resources over space for the production of goods and services. An efficient urban structure for example, is to have complementary goods and services to be clustered together, where by transportation costs are minimized*" (Chan, 2001, p. 29).

productivité), d'ordre stratégique (*e.g* opérationnalité, indépendance stratégique et préservation de compétences) voire d'ordre historique (*e.g.* éléments contextuels rattachés aux lieux d'implantation historiques des armées).

Cette diversité dans la nature des contraintes souligne l'intérêt du sujet et notamment d'une confrontation entre des modèles, appuyés par des concepts théoriques rigoureux issus de la littérature (*e.g.* économies d'échelle, coûts de transport, économies d'agglomération), mais « perturbés » par les spécificités de l'activité de défense (*e.g.* importance de l'Histoire dans l'implantation de certaines infrastructures de défense comme les ports, importance des compétences régionales sur certains segments industriels). Notre cadre d'analyse s'efforce donc de tenir compte de ces différentes contraintes.

Nous développons alors une approche originale de l'organisation du MCO *via* la microéconomie et l'économie spatiale.

Dans une première section, à partir de concepts de l'économie spatiale, nous cherchons à expliciter la configuration spatiale du MCO des matériels de défense. Nous posons la question de l'existence d'un équilibre de forces entre agglomération et dispersion qui prendrait en compte les spécificités intrinsèques des activités militaires et notamment la disponibilité des matériels. Nous partons d'un arbitrage entre le coût fixe lié à l'implantation d'une infrastructure de maintenance et le coût de transport nécessaire à cette maintenance. Nous introduisons ensuite une contrainte militaire sous la forme d'un Coût Social Opérationnel (CSO). Cette prise en compte du CSO, forme de coût d'opportunité pour la Nation, pose la question des coûts implicites dans l'organisation de la défense et remet en question des équilibres basés uniquement sur des logiques budgétaires et industrielles, basées sur des coûts explicites.

Dans une deuxième section, nous proposons une lecture de l'histoire du MCO sur la base d'un modèle simplifié dans lequel le décideur public organise le MCO dans l'espace avec seulement deux configurations possibles. Une première configuration, dite « dispersée » dans laquelle deux « petits centres » de maintenance desservent de façon optimale l'espace et une deuxième configuration dite « concentrée », dans laquelle un « grand centre » de maintenance dessert la totalité de l'espace. Sur le plan analytique, nous approfondissons la formalisation des idées développées dans la section précédente. Le modèle nous sert de cadre d'analyse pour discuter de l'influence et du poids relatif des différents paramètres au regard de ce qui est observé dans l'histoire du MCO. Nous montrons que par la concentration d'activités, l'espace peut être un instrument de réduction des coûts de maintenance des

matériels. Mais, d'un autre côté, il demeure une contrainte dont il est difficile de s'affranchir en raison de l'existence de coûts de transport, mais aussi de la nature même des activités de défense. Nous illustrons le modèle avec une étude de cas de la future configuration spatiale du MCO des sous-marins nucléaires français. Cette étude questionne la rationalité du décideur public en matière d'organisation spatiale du MCO. En particulier, nous y soulignons le poids des facteurs politiques et territoriaux – au sens de l'impact industriel régional en termes d'emplois directs, indirects et induits – dans les arbitrages relatifs à la configuration spatiale du MCO.

Enfin, dans une troisième section, nous abordons une autre dimension de la spatialisation du MCO : la localisation des activités de MCO. Ceci nous permet de montrer que la spatialisation du MCO n'est pas uniquement une question d'arbitrage entre économies d'échelle et coûts liés à la distance. En questionnant les évolutions récentes du MCO des matériels à travers notamment les notions de dualité civilo-militaire, d'externalisation des activités ou encore de tertiarisation du MCO, nous posons la question du rôle actuel et futur des économies d'agglomération dans la localisation des activités de MCO. En raison de l'importance de la recherche d'économies dans les questions d'organisation spatiale du MCO, nous pensons que les économies de localisation et d'urbanisation sont amenées à jouer un rôle central dans l'agglomération du MCO. Nous pensons que la recherche d'économies d'agglomération dans le MCO peut être vue comme la contrepartie d'une dynamique d'externalisation forte dans la période récente, elle-même liée à l'importance de la dualité civilo-militaire dans l'évolution des technologies de défense. En matière de choix de localisation, ces évolutions récentes tendent à relativiser le poids des facteurs de *première nature* et à renforcer le poids des facteurs de *deuxième nature*. Des éléments du paysage actuel du MCO tendent à conforter cette piste de recherche avec notamment le développement de *clusters* du MCO. Une illustration est proposée en présentant le cas du pôle MCO aéronautique de Bordeaux.

Tout au long de ce quatrième chapitre, pour des questions de simplification et de clarté dans notre propos, notre approche des coûts liés à la défense se focalise surtout sur deux dimensions : d'une part les coûts industriels du MCO et, d'autre part, le coût collectif associé au MCO en lien avec sa fonction dans la production de défense. En réalité, bien d'autres dimensions entrent en compte dans l'étude de la configuration spatiale du MCO comme de sa localisation. L'histoire montre que les décisions prises quant à la production de défense ont souvent fait l'objet de débats politiques, de négociations, de conflits, au regard des impératifs

de la défense. Si l'économique et la dimension collective liée à la sécurité jouent un rôle important – sur lequel nous avons choisi de mettre l'accent –, d'autres dimensions (culturelles, sécuritaires, psychosociologiques, voire philosophiques) auraient également pu être développées. Les problèmes de production de défense ont un caractère éminemment complexe. Si la démarche que nous avons adoptée met volontairement l'accent sur la simplification, elle ne nous empêche pas de souligner cette complexité des problèmes liés à la production de défense le cas échéant[14].

Cette thèse propose d'intégrer le facteur spatial dans la modélisation de la production de défense et plus particulièrement du MCO des matériels de défense. Par rapport à ce qui est couramment rencontré dans la littérature existante, le double regard économique et spatial de cette thèse permet de poser différemment les questions habituelles sur l'efficacité de la dépense de défense.

Nous défendons l'idée que la compréhension de l'organisation de la production de défense ne peut se faire en faisant abstraction de l'espace. Nous pensons que l'optimisation de l'effort de défense repose sur une dimension spatiale inhérente au concept même de défense et de territoire à défendre. En conséquence, la réflexion sur l'optimalité de l'organisation de la production de défense – et *a fortiori* du MCO, domaine coûteux – ne peut que s'inscrire dans un cadre spatial. C'est ce cadre spatial que nous nous efforçons de construire.

Ce travail constitue une première approche d'un problème organisationnel complexe. Il ouvre un champ de recherche important et se présente à ce titre comme un point de départ théorique et évolutif. Nous pensons notamment que les réflexions développées dans cette thèse peuvent alimenter les problématiques actuelles sur l'amélioration de l'organisation des armées et favoriser le retour sur expérience des différentes réformes observées ces dernières années (depuis le début des années 2000 en ce qui concerne le MCO des matériels de défense et depuis 2008 en ce qui concerne le soutien général avec la réforme des bases de défense, réforme posant également la recherche d'économies d'échelle au cœur de la future organisation des armées).

[14] D'ailleurs nous abordons, mais de façon assez succincte, cette complexité liée à l'imbrication de plusieurs dimensions dans les questions de défense à deux endroits dans la thèse. Il s'agit notamment de la question des fermetures de sites de défense (*cf.* chapitre II, section 3 avec la notion de coût territorial de régression) et du choix de configuration spatiale à travers l'étude de cas du MCO des sous-marins nucléaires (*cf.* chapitre IV, section 2).

Chapitre I
Le facteur spatial en économie de la défense[15]

[15] La synthèse des travaux d'économie régionale présentés dans ce chapitre sert de base à un article discutant des différentes méthodes d'impact économique des activités de défense sur un territoire. Le *Working Paper* est déposé à la *Ruhr Economic Papers* (*cf.* Droff & Paloyo (2013). L'article fait également l'objet d'une soumission pour publication dans le *Journal of Economic Surveys* (article soumis en juin 2013).

Dans cette revue de la littérature, nous cherchons à dégager des éléments structurants ayant guidé les économistes dans leur analyse des relations entre les activités de défense et l'espace. Le principe qui guide notre approche s'inscrit d'abord dans un mouvement univoque allant des activités militaires vers l'espace16. Nous nous efforçons de souligner les limites des travaux existants pour tracer notre propre « frontière des connaissances ».

Les questions qui nous motivent sont les suivantes : Par quels concepts et outils économiques sont abordés les rapports entre activités de défense et espace géographique en économie de la défense? Quelles échelles spatiales ont été retenues par les économistes ? Quelles méthodes ont-ils développé afin d'étudier l'impact économique des activités de défense sur un espace donné ? Peut-on considérer qu'il s'agit d'une intégration de l'espace géographique dans l'analyse économique des activités de défense ?

Si l'on considère d'abord l'espace national, la macroéconomie moderne a beaucoup étudié l'impact des dépenses militaires sur les économies nationales. Suivant Ponsard (1955), une telle approche pourrait être qualifiée de « *ponctiforme* »[17]. Par ailleurs, outre le fait que ces approches demeurent largement aspatiales, il semblerait que ces travaux n'arrivent à aucun consensus généralisant l'impact des dépenses militaires sur les variables fondamentales de l'économie, et ce quelles que soient les méthodes mobilisées ou les territoires étudiés (Malizard, 2011).

Dans notre revue de la littérature « l'espace » est essentiellement vu comme un espace régional. Nous nous focalisons plus particulièrement sur les différentes méthodologies recensées. Nous proposons alors un état des lieux des différentes approches par lesquelles les économistes ont cherché à appréhender les activités de défense dans leur relation avec l'espace. Dans ce chapitre, lorsque nous parlons d'activités de défense, nous entendons essentiellement la matérialisation géographique des dépenses militaires (*e.g.* bases militaires, usines d'armement).

La **section 1** présente des travaux issus de l'économie régionale formalisée. Cette littérature s'est beaucoup focalisée sur l'impact régionalisé des dépenses militaires (notamment dans les pays anglo-saxons) ainsi que sur les mouvements de fermetures des bases et autres établissements militaires (*e.g.* usines de munitions, chantiers navals). Dans la

[16] Ce mouvement univoque s'exprime particulièrement dans la littérature régionale formalisée. Mais comme nous le verrons plus en avant dans cette thèse, cette relation est loin d'être univoque et la relation activités de défense/espace est aussi une relation espace/activités de défense.

[17] Dans l'analyse de Ponsard, l'économie ponctiforme désigne une économie sans dimension, réduite à un point.

sélection de travaux que nous proposons, nous verrons que les économistes évaluent surtout quantitativement l'impact des installations militaires sur les économies régionales. Par économies régionales, nous entendons des espaces infranationaux de taille variable selon les pays (*e.g.* région en France, *county* aux États-Unis). Outre une actualisation du *survey* proposé par Braddon dans le *Handbooks* de Hartley et Sandler (1995), ce chapitre approfondit la discussion autour des modèles les plus couramment employés dans la littérature (intérêt/limite) et enrichit le travail existant avec une présentation des quelques analyses régionales françaises de l'Insee.

La **section 2** examine un ensemble moins bien circonscrit, qualifié ici « d'études régionales ». En dépit de leur grande hétérogénéité (en termes de champs disciplinaires, de taille de zone géographique), ces études ont pour principal point commun d'être des monographies, simples ou comparatives, réalisées dans le cadre de l'impact localisé des activités de défense. Pour analyser ces études régionales, nous proposons une grille de lecture analytique axée sur des « invariants thématiques ». Cette section constitue un premier rapprochement entre économie de la défense et espace. Les travaux issus de la géographie, de l'urbanisme, de l'aménagement du territoire se caractérisent, du fait même de leur objet d'étude, par une prise en considération des éléments structurants l'espace dans les activités de défense. La connaissance de ces travaux nous semble indispensable pour pouvoir « penser spatialement » l'organisation de la production de défense.

Section 1 : Économie régionale et économie de la défense : les approches formalisées

La littérature en économie de la défense montre que les questions régionales ont beaucoup retenu l'attention des économistes notamment à travers l'évaluation de l'impact régionalisé des dépenses militaires (*e.g.* usines d'armement, bases militaires). Cette mesure de l'impact économique régionalisé des activités de défense s'est particulièrement développée lors des restructurations des outils de défense consécutives à la fin de la guerre froide.

Dans cette section nous répondons aux questions suivantes : Quels sont les modèles les plus couramment usités dans la littérature afin de mesurer cet impact économique ? Quel est leur apport à l'intégration de l'espace en économie de la défense ?

Les modèles d'économie régionale incorporant les dépenses militaires sont apparus aux États-Unis et se sont particulièrement développés avec la fin de la guerre du Vietnam (Klein et Mori in Udis, 1973). Leur objectif était d'estimer l'impact d'une réduction des dépenses militaires faisant suite à la fin d'un conflit dans une région jugée dépendante des activités de défense. En particulier, les restructurations de la période de l'après-guerre froide ont mis en exergue l'aspect structurant des activités de défense sur l'espace[18]. Les territoires affectés par les restructurations des activités de défense sont alors immergés dans un contexte historique particulier résumé par Lutz (2001, Chapitre 6) : "*As the cold war ended, doubt and uncertainty clouded military cities and towns across America (…) people in every region were anxious*". Ce contexte a fourni un terreau favorable au développement des travaux d'évaluations de l'impact régional des activités de défense[19].

D'un point de vue économique, pour une région donnée, ici définie comme un espace infranational, une dépense militaire financée par l'État est un investissement autonome, donc exogène. L'économiste cherche alors à évaluer le montant et la répartition de ce revenu exogène. L'impact économique lié à la présence militaire peut être évalué « *soit par le revenu qu'il crée au profit des ménages régionaux, soit par le nombre d'emplois qu'il génère* » (Fas 1999). Ceci peut se résumer de la manière suivante : « *La région reçoit des flux financiers extérieurs selon plusieurs voies (…) La somme de ces flux donne le montant de ressources*

[18] "*At the largest category of federal spending, military spending has had a significant impact on the spatial distribution of economic activities in the United States*" (Atkinson, 1993, p. 107)

[19] Dans une approche d'économie régionale, deux thèses françaises ont été consacrées à ces modèles d'économie régionale avec comme champ d'application les armées. Le lecteur soucieux d'avoir de plus amples précisions sur ces questions pourra s'y reporter (*cf.* Nicolini (2003) et Fas (1999)).

injecté dans la région. Il va se produire un effet multiplicateur, car une partie de ce montant va être réinjectée dans la région grâce aux dépenses effectuées par ces divers établissements et leurs effectifs »(Fas 2001). L'importance de ces effets dépend de la forme prise par les réductions des dépenses et de la structure des relations industrielles au sein de la zone (Braddon & Dowdall 1996).

Parmi les nombreux modèles existants en économie régionale – *cf.* la typologie de Loveridge (2004) pour un passage en revue –, nous présentons les approches théoriques les plus fréquentes en économie de la défense. Nous présentons successivement : les modèles Input-Output, les modèles keynésiens régionalisés, les modèles de la base économique[20] et les modèles économétriques régionaux appliqués aux activités de défense.

1.1 Les modèles Input-Output (I-O) régionalisés

a) Principes de base et intérêt du modèle I-O[21]

Les modèles I-O sont reconnus par la communauté économique depuis les travaux de Leontief (Leontief 1936, 1951), puis d'Isard (1960). Ces modèles sont adaptés à des études appliquées orientées vers l'atteinte d'objectifs (Martin 2010, p.48). Ils furent ainsi utilisés en planification comme en témoignent les expériences soviétiques (Bénard, 1986). Ils permettent de détecter les secteurs clés, caractérisés par de forts effets d'entraînement aussi bien en amont qu'en aval (technique de triangulation du tableau entrées-sorties d'une économie). En France, au niveau national, ces modèles ont permis de quantifier les variations nécessaires de la demande finale pour atteindre les objectifs des différents plans (Aujac *in* Dieztenbacher et Lahr (2004)).

Le modèle tient compte de la complexité des échanges interindustriels. Il permet l'étude des relations d'interdépendance d'un secteur à l'autre (*backward linkages* ou effets de liaison amont et usage des inputs et *forward linkages* ou effets de liaison aval et usage des

[20] En adoptant cette « présentation », nous nous écartons ici des revues de la littérature rassemblées dans les travaux de Fas (1999) et Nicolini (2003) qui regroupent « modèles keynésiens » et « modèles inspirés de la base économique » sous l'appellation « Multiplicateurs régionaux ». Ce regroupement ne nous semble pas pertinent. En effet, s'il est vrai que les deux types de modèles aboutissent à la mise en évidence d'un coefficient multiplicateur (le modèle I-O aussi d'ailleurs !), leurs fondements théoriques sont trop différents pour envisager un tel rapprochement.

[21] La présentation du modèle I-O effectuée dans cette section est relativement sommaire car elle vise à présenter le cadre formel d'un modèle couramment utilisé en économie régionale pour analyser l'impact des activités de défense sur un territoire. Pour une présentation sommaire du modèle, se référer à Guerrien (2002, p. 27). Pour une synthèse des travaux anglo-saxons voir Richardson (1985). Pour un approfondissement de la présentation des modèles I-O nous renvoyons à Miller et Blair (1985).

outputs). En général, plus un secteur est « proche » de la demande finale, plus importants sont ses effets amonts (Braddon *in* Hartley et Sandler (1995, p.499)).

Le modèle détermine la production directe et indirecte des différentes branches permettant de satisfaire un niveau de demande finale supposée exogène. Il s'agit d'une résolution de n équations linéaires à n inconnues (avec n le nombre de branches). Les rendements d'échelle y sont constants, les inputs strictement complémentaires et les coefficients techniques constants. Cette dernière hypothèse évince les effets du progrès technique.

D'un point de vue pratique, le modèle est facile à implémenter dans un cadre anglo-saxon. Aussi, beaucoup de travaux portant sur l'évaluation d'installations militaires utilisent des modèles I-O. Les raisons sont essentiellement d'ordre pratique et résultent de l'accès des données statistiques régionalisées fiables qui permettent de déterminer des matrices de coefficients techniques. Lorsque l'information statistique est disponible, ces modèles sont de véritables «outils clés en main » permettant la réalisation d'évaluations quantitatives fiables à faible coût.

b) Formalisation du modèle Input-Output (I-O)

Dans le modèle I-O, une branche produit un seul output. On appelle X_j la production de la branche j, et Y_j la demande finale en bien j. Le modèle est basé sur l'équilibre emploi-ressource dans l'économie :

$$X_j = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} X_j + Y_j \qquad (1.1)$$

Les a_{ij} sont les coefficients techniques. a_{ij} est la part du produit i nécessaire pour produire une unité du produit j. Pour produire une unité du j^{th} produit, il faut alors une quantité de a_{1j}du premier input, a_{2j} du second input et pour une économie à n branches, a_{nj} du n^{th} input. L'ensemble des coefficients techniques constitue la matrice d'interdépendance technique A *:*

$$A = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} \qquad (1.2)$$

Sous forme matricielle, la relation d'équilibre emploi-ressource s'écrit :

$$X = AX + Y \Leftrightarrow X = (I - A)^{-1}Y \quad (1.3)$$

La structure productive d'une économie étant donnée à court terme, *i.e.* les coefficients sont fixes, toute variation de la demande finale générera une hausse générale de la production. La somme de chaque colonne de la matrice $(I - A)^{-1}$, matrice inverse de Leontief (Miller & Blair 1985), permet de savoir comment s'accroît la production de chaque branche de l'économie à la suite d'une variation d'une unité de la demande finale adressée à la branche j (Martin 2010). Dans la version la plus simple du modèle, la demande finale est exogène. Elle inclut notamment les dépenses de consommation des ménages, du gouvernement et les exportations. Finalement, le multiplicateur global de l'output régional est :

$$k = \frac{\Delta X}{\Delta Y} \quad (1.4)$$

Il est ensuite possible de distinguer les effets directs (rang 1) des effets indirects ($n - 1$ rangs). Cependant, dans le cadre de cette thèse, la compréhension de la littérature en économie régionale formalisée sur les questions de défense ne requiert un tel degré de détail[22].

c) *Limites du modèle Input-Output régional*

En premier lieu, faute de comptabilité intersectorielle, les données nécessaires à sa construction à l'échelle régionale ne sont pas disponibles[23]. Même sur les territoires anglo-saxons, les auteurs admettent que la mise en place d'une alternative analytique est très souvent nécessaire (Parai, Solomon, & Wait, 1996, p. 7)

En second lieu, il devient vite indispensable d'intégrer au modèle les échanges avec l'extérieur et donc d'incorporer les importations. Or, la plupart du temps – notamment en France – les entreprises ne séparent pas les flux régionaux des flux inter-régionaux dans leur comptabilité (Fas 1999, p.133).

En troisième lieu, ce modèle se comporte comme une « boîte noire » et ne permet pas de mesurer les liens résiliaires qui ont souvent une importance économique significative dans le développement économique local (Bishop *et al.* 2000, p.242).

---

[22] Pour cet aspect concernant les effets directs et indirects, nous renvoyons le lecteur à la thèse de Fas (1999, p.115–118), ainsi qu'à la présentation du modèle I-O effectuée par Martin (2010).

[23] Pour une présentation détaillée des problèmes méthodologiques posés par l'application régionale des modèles I-O au cas français voir : Martin (2010, p. 79-89).

Enfin, pour permettre une fiabilité dans le temps et des évolutions en dynamique, la plupart des auteurs s'accordent sur le fait que les modèles I-O nécessitent des mises à jour régulières et coûteuses.

d) Cas d'application du modèle Input-Output à l'évaluation des activités de défense

Les travaux pionniers d'application du modèle I-O à l'évaluation régionale de l'impact des dépenses militaires sont dus à Leontief lui-même[24]. Leontief *et al.* (1965) cherchent à estimer les impacts interindustriels et interrégionaux d'une réduction des dépenses militaires sur l'économie américaine accompagnée d'une hausse compensatoire de la demande non-militaire. Dans le modèle, le territoire américain se divise en 19 régions construites, chacune agrégeant plusieurs États.

L'analyse comporte trois étapes[25]. La première étape détermine les effets sur la production totale du pays d'un déplacement de la demande finale militaire vers une demande non-militaire. La seconde étape répartit la variation de la production nationale de manière uniforme sur toutes les régions des États-Unis. La troisième étape détermine l'orientation géographique d'une variation d'activité des industries régionales.

Dans le scénario estimé, la réduction des dépenses militaires est de 20 %, compensée par une augmentation de la demande non militaire. La compensation consiste en un maintien de l'emploi total à son niveau de 1958. Les auteurs estiment qu'une baisse de 20 % des dépenses militaires devrait être compensée par une hausse de 1,8 % de la demande non-militaire. Les auteurs proposent ensuite une représentation géographique des variations de l'emploi dans le modèle.

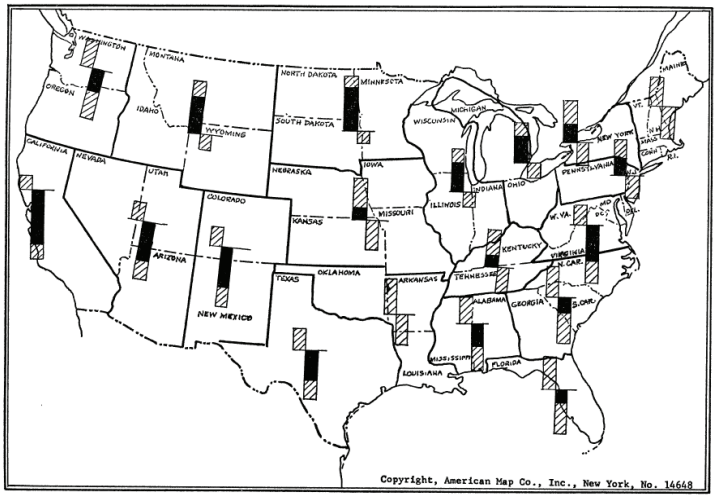
---

[24] Voir : Leontief *et al.* (1965) et Leontief W. et Hoffenberg M., 1963, "*Input-Output analysis of disarmament impacts*" *in* Benoît et Boulding (1963). Sur la base du modèle seminal de Leontief, d'autres modèles I-O régionaux seront ensuite construits et standardisés. On peut par exemple relever le modèle RIMS (*Regional Institute Multiplier System*) qui s'appuie notamment sur le travail de Garnick (1970) et de Drake (1976). Dans les années 1980, le modèle est actualisé (RIMS II). Ce dernier s'appuie sur deux sources de données : la table I-O de 1987 de l'économie américaine (1) et les compte régionaux (2). Le RIMS II est construit de manière à refléter le mieux possible la structure industrielle et les flux intersectoriels régionaux. Ces modèles que l'on peut qualifier d'outils d'évaluation « clés en main » sont utilisés par de nombreux auteurs et par le Ministère de la défense américain.

[25] "*The multi-regional input-output computation itself can be visualized best as being performed in three distinct, successive rounds*" *in* Leontief *et al.* (1965, p.218).

Figure 2 Variation du produit régional et de l'emploi dans le modèle de Leontief *et al.* (1965)

CHART 1. — PERCENTAGE CHANGE IN OUTPUT AND EMPLOYMENT RESULTING FROM A HYPOTHETICAL 20 PER CENT CUT IN MILITARY SPENDING AND A COMPENSATING RISE IN CIVILIAN FINAL DEMAND



Source : Leontief *et al*. (1965)

Les barres s'étendant vers le haut (réciproquement vers le bas) par rapport au trait horizontal indiquent le pourcentage de hausse (réciproquement de baisse) de l'emploi. La portion en pointillés de chaque barre représente le pourcentage de hausse nette (réciproquement de baisse nette) de l'emploi si elle se situe au-dessus du trait horizontal (réciproquement en dessous du dit trait). La carte confirme alors que la plupart des ressources servant directement et indirectement à la demande finale militaire viennent des régions de l'ouest, sud-ouest et sud-est tandis que les États du sud-est dépendraient davantage de la demande civile.

Aux États-Unis, concernant l'étude d'impact des activités de défense, les modèles I-O sont d'un usage très courant.

Warf et Cox (1989) appliquent un modèle I-O à la zone métropolitaine de New York (ZMNY). Ils analysent les effets des contrats de défense attribués aux entreprises de cette zone désagrégée en trois sous-régions distinctes (la ville de New York (1), ses banlieues dans le comté de Long Island et Westchester (2) et dans le New-Jersey du nord (3). L'analyse incorpore une spécificité américaine : l'accroissement des prélèvements obligatoires régionaux visant à financer une partie des contrats. Les contrats génèrent près de 76 000 emplois en 1985, compensés par la perte de 40 000 emplois liés à la réduction du revenu disponible des ménages du fait des augmentations de prélèvements obligatoires. Les auteurs concluent à un effet net sur l'emploi de 36 000 emplois. L'étude montre également que les

contrats de défense génèrent beaucoup d'emplois d'ingénieurs et relativement peu d'emplois d'autres types de profession.

La répartition géographique des contrats est très inégale. La banlieue de New York se voit ainsi attribuer en valeur le plus de contrats (8,3 milliards de dollars) contre 1,3 milliards de dollars pour la ville de New York. En revanche, la ville de New York a versé plus de prélèvements obligatoires qu'elle n'a reçu de contrats (déficit de 912 millions de dollars) contrairement aux autres sous-régions. Les auteurs montrent que les différences d'impact des dépenses de défense entre les trois régions s'expliquent par l'importance de l'intensité capitalistique et le poids de la sous-traitance. Ainsi, la banlieue de New York a reçu la moitié du montant des contrats accordés à la ZMNY tout en payant moins d'impôts du fait de la concentration de l'industrie aérospatiale. Or cette industrie est intensive en capital et sous-traite énormément. En conséquence, l'emploi et la production générés par les contrats de défense sont relativement peu importants. Par opposition, la ville de New York, qui a relativement peu reçu de contrats de défense, a payé relativement plus d'impôts et bénéficie d'une création nette de 10 000 emplois. Pour les auteurs, cet effet positif est dû à la concentration de ces contrats dans des secteurs intensifs en travail.

Hughes *et al*. (1991) étudient l'impact sur l'emploi et le revenu des dépenses militaires sur l'État de Washington. Le tableau inter-industriel du modèle comprend 51 secteurs industriels et six secteurs de demande finale. Le secteur de la défense est une composante essentielle de l'économie régionale (installations militaires, industries aérospatiales, construction navale). Selon les auteurs les effets directs, indirects et induits de la demande militaire expliquent 6,3 % de tous les emplois de l'économie de l'État (emplois militaires exclus). Beaucoup de ces emplois sont dans les secteurs des services et de la distribution. Ils proviennent largement des effets indirects des dépenses des ménages associées aux dépenses des militaires et des fournisseurs de l'armée. Le secteur des services et celui du commerce de détail voient leurs effectifs augmenter dans de grande proportion, ce qui les place respectivement à la première et à la deuxième place en matière d'emplois générés par la demande militaire, devant la construction navale (14 989 emplois) et l'aérospatiale (12 209 emplois) qui occupent respectivement la troisième et quatrième place. Une simulation de baisse de 10 % des dépenses militaires montre que cela entraînerait la perte de 16 500 emplois.

Dans une étude consacrée aux fermetures de bases militaires aux États-Unis, Warf (1997) montre que la vague de 1988 engendre un effet négatif sur le revenu national des

États-Unis d'environ 1,1 millions de dollars et la perte de 217 000 emplois. Celle de 1991 une baisse de 3 millions de dollars du PIB et une perte de 584 000 emplois. Celle de 1993 une baisse de près de 5 millions de dollars et la perte de 945 000 emplois (soit près de 1 % de la population active nationale). Les secteurs les plus affectés concernent la construction, les services à la personne et les services de maintenance. La vague de 1993 a eu un impact très fort sur les branches de la métallurgie, du commerce de gros et des services d'éducation.

Au Royaume-Uni, Bishop *et al*. (2000) appliquent un modèle I-O à la région du Devon et de la Cornouaille qui accueille un chantier naval privé (DML). Ils cherchent à évaluer une série de dépenses exogènes liées à DML dans la région sus-citée. La première composante de la dépense est la masse salariale des ouvriers. La seconde résulte des dépenses destinées aux fournisseurs de biens et services localisés dans l'aire d'évaluation. La troisième est une approximation des dépenses des ménages concernés par le chantier et résidant dans la région.

La plupart des emplois indirects sont des emplois de service à la personne. De plus, l'analyse économique du « complexe » ne semble pas refléter l'existence d'un réel *cluster* industriel[26]. Les auteurs mettent en évidence un coefficient multiplicateur de 1,17 et montrent que le chantier et les activités militaires associées comptent pour environ 2,7 % du PIB du Devon et de la Cornouaille réunis. Le « complexe » génère 2 781 emplois temps-plein et avec un effet multiplicateur d'emploi de 1,22. Au total, 15 244 personnes sont directement ou indirectement concernées par l'existence de ce « complexe », ce qui représente 10 % de la main d'œuvre du bassin d'emploi de Plymouth.

Asteris *et al.* (2007) utilisent un modèle I-O pour calculer l'impact économique de la base navale de Portsmouth[27]. La base navale de Portsmouth abrite 60 % de la Navy et compte près de 7 280 fonctionnaires (civils et militaires). Avec un multiplicateur de revenu de 1,55 et un multiplicateur d'emploi de 1,44, les activités de défense sont responsables d'environ 6 % de l'emploi régional et de 5 % du PIB régional.

C'est également un modèle I-O que mobilise le *Centre for Local and Regional Economic Analysis*, (2007) dans l'étude de la base navale de Portsmouth (sud de l'Angleterre). La base est à l'origine de 35 000 emplois – directs, indirects et induits – générés par une dépense exogène de 680 millions de livres. Ils représentent 6,2 % des salariés de

[26] "*The analysis highlights that the indirect impact is mainly focused on the local service sector. The dockyard does not appear to support a strong cluster of local manufacturing firms in related industrial sectors*" (Bishop *et al.* 2000, p.249).

[27] "*The paper (...) provides a generic framework that could prove of value to researchers when measuring the sub-regional economic impact of naval, air force and army facilities in other national contexts*" (Asteris *et al.* 2007, p.54)

l'Urban South Hampshire. Le modèle I-O permet aux auteurs de faire des scénarios économiques. Un scénario de baisse des dépenses militaires engendrerait la perte de 21 000 emplois, tandis qu'un scénario de croissance de la base navale engendrerait la création de 3 000 nouveaux emplois (dont les deux tiers civils).

Une étude avec modèle I-O s'intéresse à l'impact de BAE Systems sur trois sites (chantiers de Glasgow et de Portsmouth et l'antenne de l'entreprise à Bristol) (Fraser of Allander Institute 2009). Pour chaque zone, les auteurs établissent des multiplicateurs d'emploi et de revenu. Par exemple, à Glasgow, BAE emploie 3 694 salariés et entraîne la création de 2 312 emplois (indirects et induits). Le multiplicateur d'emploi de BAE pour l'Ecosse est estimé à 1,68, ce qui signifie que chaque emploi directement créé par BAE systems permet l'existence de 0,68 autres emplois dans l'économie écossaise. Le multiplicateur de revenu (salaires associé à BAE Systems) est estimé à 1,53, ce qui signifie une création de revenu de 0,53 £ pour 1 £ dépensée par BAE Systems sur les sites écossais. Les auteurs procèdent de même pour les autres sites. Le tableau ci-dessous résume les résultats de cette étude :

Tableau 1 Impact économique des trois sites de BAE Systems (UK) en 2009

UK Impact of BAE Systems Surface Ships 2008/09	**Initial**	**Total**
Employment	6 701	14 906
Wage income (£ million)	199,5	425,5
GVA (£ million)	231,3	587,7

Source : Fraser of Allander Institute, 2009, 17 p.

Trois exemples de travaux français mobilisant le corpus théorique des modèles I-O dans le cadre de l'évaluation économique régionale des activités de défense sont à noter.

Aben (1981a) construit un modèle I-O sur la base de coefficients techniques nationaux et de données de 1970. Il incorpore la demande de la branche « défense » à la demande finale et cherche à évaluer les effets de la variation de la production de défense, sur la production régionale totale. L'auteur estime la part de l'emploi attribuable à la défense au niveau régional et au niveau national. Il observe que huit régions ont une proportion supérieure à la moyenne nationale et six se trouvent à l'ouest d'une ligne Lille-Perpignan. Dans ces régions, la part de l'emploi dépendant de la défense est comprise entre 3,98 % et 7,48 % – respectivement la région Rhône-Alpes et la Bretagne – avec une moyenne nationale à 5,22 %. Pour l'auteur « *la Défense a tendance à faire travailler les régions qui sont traditionnellement en retard dans l'aménagement du territoire* » (Aben, 1981a, p. 137).

Le second modèle élaboré dans le cas français et relatif aux activités de défense est proposé par Fas (1999). L'étude modélise l'impact de la professionnalisation des armées sur la région Languedoc Roussillon. Compte tenu du fait que la solde moyenne d'un engagé est sept fois supérieure à celle d'un appelé, l'auteur mesure la part imputable aux armées dans la demande finale prévisionnelle régionale. L'auteur montre qu'un franc attribué à une unité militaire de la région génère un accroissement de 1,54 francs du PIB régional (1); que l'effet multiplicateur des unités militaires est supérieur à celui des ménages militaires (2) et que l'impact économique de la professionnalisation des armées est positif pour l'emploi de la région Languedoc-Roussillon (3).

Catin et Nicolini (2005, p. 451) estiment l'impact des dépenses de la DCN Toulon sur l'économie varoise. Leur tableau I-O est élaboré à partir des consommations intermédiaires de la DCN Toulon avec une matrice des coefficients techniques reposant sur une conversion des coefficients nationaux. Les auteurs décomposent l'économie varoise en quatre branches et font apparaître les effets d'entraînement intersectoriels exercés par la DCN. Ils mettent en évidence un multiplicateur d'activité de 1,23 et un multiplicateur d'emploi de 1,166. Ces résultats obtenus sont conformes aux prévisions théoriques (multiplicateurs relativement faibles) dans la mesure où le taux d'importation lié à l'activité de la DCN Toulon est élevé (proche de 75 %). La DCN Toulon n'exerce donc pas une influence quantitative importante sur l'activité économique dans le Var. En revanche, elle s'adresse à beaucoup de branches de l'économie varoise.

1.2 Les modèles keynésiens régionalisés

a) Théorie et intérêts du modèle

Inspirés des modèles macroéconomiques « nationaux » (*cf.* Khan (1931) et Keynes (1936)), les approches keynésiennes régionales se focalisent sur la demande pour évaluer l'effet multiplicateur d'une dépense exogène dans l'économie régionale. Le multiplicateur régional est un opérateur mesurant directement, sur le revenu et la production, les effets attendus d'une injection initiale de ressources dans l'économie régionale, sans recourir à la matrice des coefficients techniques régionaux (Garrabe, 2008, p. 3). Toute variation de la dépense autonome (exogène) provoque un effet multiplicateur sur le revenu.

b) Modèle de base du multiplicateur keynésien régionalisé

La « dépense autonome » est une dépense exogène à l'aire d'évaluation du point de vue de la décision et/ou du mode de financement. Il s'agit d'une injection de revenu extérieur dans la région. On appelle G cette dépense exogène. Cette dépense est une injection initiatrice de plusieurs générations décroissantes de revenu régional. Formellement, si Y est le revenu régional total généré par une dépense exogène dans l'économie :

$$Y = G + \beta G + \beta^2 G + \cdots + \beta^n G \tag{1.5}$$

$$Y = \frac{G}{1-\beta} \tag{1.6}$$

où : β est la part de chaque unité monétaire de revenu additionnel dépensé dans la région et $0 \leq \beta < 1$ et $n \to +\infty$.

La dépense supplémentaire n'est jamais réinjectée totalement dans le circuit car elle est soumise à des fuites réduisant β. Ces fuites sont souvent répertoriées en deux grandes catégories : les importations de biens et services et les impôts et taxes exigés par le reste du pays dans lequel s'insère la région étudiée. Nous présentons formellement les paramètres de ces modèles, sans toutefois chercher à détailler les méthodes permettant de les estimer[28].

Archibald (1967) fait apparaître clairement les importations dans le multiplicateur. Formellement :

$$k_r = \frac{1}{1-(\beta - m)(1-t)} \tag{1.7}$$

Avec k_r, le multiplicateur régional tenant compte des importations et des taxes ; m, la propension régionale à importer et t, la propension régionale de taxation du revenu. Brown (1967) complète le modèle en introduisant la notion de redistribution *via* le niveau des allocations publiques. Il distingue aussi les taxes directes des taxes indirectes. Formellement :

$$k_r = \frac{1}{1-c(1-m-t_i)(1-t_d-u)} \tag{1.8}$$

Avec k_r, le multiplicateur régional tenant compte des importations, des taxes et de la redistribution ; c, la propension régionale à consommer ; m, la propension à importer ; t_i, le taux indirect de taxation ; t_d, le taux direct de taxation et u, les allocations. Ce dernier paramètre représente les allocations liées à la création d'emplois découlant de l'injection de

[28] Le but est ici d'alléger la présentation théorique de ces modèles. Le lecteur intéressé par les débats sur l'estimation des différents paramètres de ces modèles (*e.g.* propension à consommer, propension à importer) pourra notamment se reporter à Fas (1999).

revenu exogène. Ce sont donc les allocations chômage perdues par les chômeurs lors de leur retour à l'emploi. Brown (1967) considère que c'est la différence de revenu entre le salaire et l'allocation chômage qui est un véritable apport pour la région et donc u est traité comme un paramètre « de fuite ».

c) Limites du modèle keynésien régional

Les principales limites de cette méthode sont peu nombreuses, mais de taille.

D'abord, il y a la question des fuites et de leur estimation. Une estimation complète suppose la prise en compte complète des fuites et de revenus d'une région A vers une région B. Cette prise en compte complète nécessite non seulement d'intégrer la fuite liée à l'injection initiale, mais aussi celle liée à l'investissement induit (importation de biens nécessaires à la réalisation des investissements).

Ensuite se pose la question de la disponibilité des statistiques nécessaires à la construction du modèle. Sans remettre en cause le modèle sur le plan théorique, l'estimation empirique fiable des paramètres est délicate, voire impossible *« dans un cadre régional où les données aussi simples que les importations et exportations (qui interviennent immédiatement dans le calcul des multiplicateurs les plus simples) sont absolument inconnues à cette échelle* » (Charlet, 2000, p. 4). On observe une complexité croissante de ces modèles où la rigueur impose souvent de modéliser toute l'économie régionale. Progressivement, les modèles obtenus exigent une quantité d'informations statistiques telles que leur application pratique peut devenir impossible. Or, « *Il faut bien prendre conscience du fait que, au moins dans un pays comme la France, il n'existe plus vraiment de modélisation macroéconomique régionale et que cette dernière est rendue presque impossible par l'absence de connaissance des flux interrégionaux »* (Gagnol & Héraut, 2001, p. 4).

d) Évaluations empiriques appliquées aux activités de défense

La méthode du multiplicateur est très fréquente dans l'évaluation économique d'activités non-militaires (*e.g.* activités médicales (Moore, 1974), d'enseignement (Wilson & Raymond, 1973), populations aux caractéristiques bien identifiées tels les retraités au sein d'une région (Vollet & Roussel 2007)). Concernant l'impact des activités de défense, on trouve également des travaux basés sur le multiplicateur keynésien.

Au Royaume-Uni, Short, Stone Greenwood (1974) examinent le cas de la base sous-marine de *Clyde Submarine*. Sur des principes keynésiens et en se focalisant sur l'emploi en l'exprimant sous forme direct/indirect, les auteurs ci-dessous mettent en évidence un multiplicateur d'emploi de l'ordre de 1,25 (soit un emploi indirect pour quatre emplois directs). Avec la même méthodologie, Greenwood et Short (1973) étudient l'impact de la base aérienne *Moray Air Stations*.

Sur la base d'un multiplicateur régional calculé par Glasson, Van der Wee et Barett (1988, p. 251), Bishop (1994) mesure l'impact économique de la base de la RAF de Chivenor (North Devon). L'auteur estime deux effets multiplicateurs. Les militaires sont considérés comme des immigrants et un multiplicateur de 1,4 est appliqué à leur solde. Les personnels civils sont recrutés localement et un multiplicateur de 1,15 est appliqué à leurs salaires. L'auteur applique un multiplicateur de 1,15 aux dépenses de fonctionnement et d'investissement de la base. Finalement, l'impact économique de la base est estimé à près de 3,7 % du PIB régional avec très peu d'achats de biens et services au niveau local. Le nombre d'emplois directement ou indirectement attribuables à la base est estimé à 1 264 (soit 4,5 % de l'emploi total local avec un multiplicateur d'emploi de 1,32).

Au final, selon Bishop (1992), au Royaume-Uni, dans les études appliquant ces modèles aux activités de défense le multiplicateur de revenu est généralement compris entre 1,1 et 1,4. Les effets multiplicateurs estimés dans ces cas d'étude sont inférieurs à ceux mis en évidence par d'autres auteurs utilisant des modèles Input-Ouput (lesquels trouvent des multiplicateurs de l'ordre de 2,3, soit 1,3 emplois indirects pour 1 emploi direct) (Greenwood *in* Kaldor *et al.* (1977, p.341–342). Loin d'être négligeables, ces effets sont moindres que ceux mis en évidence dans le cas d'autres activités (non liées à la défense) sur d'autres territoires. Les auteurs avancent deux explications. D'abord les forces armées ne résident pas de manière permanente dans la région d'accueil d'une base et tendent à dépenser une part plus faible de leur revenu dans la région d'accueil. Ensuite, une part de la consommation militaire est réalisée « en interne », au sein de la base en étant reliée aux chaines d'approvisionnement centrales, sans lien direct avec l'économie locale.

Concernant les rares cas d'application au cas français, on peut ici citer l'étude d'Aben (1981b) qui présente une méthodologie d'évaluation de l'impact des dépenses d'un régiment sur la ville de Sète. L'auteur procède par enquête auprès du régiment (revenus et dépenses moyennes), auprès des différentes administrations et à partir d'études de la Chambre de

Commerce et d'Industrie (CCI). À Sète, au début des années 1980, chaque franc de dépense assurant l'existence de l'unité militaire étudiée, crée dans la ville de garnison un revenu compris entre 1,04 et 1,22 francs, ce qui est modeste, mais non négligeable ; de même un emploi militaire (d'active) fait naître de 0,6 à 0,98 emplois civils.

D'autres travaux utilisant le multiplicateur keynésien ont parfois recours à des éléments empruntés à la théorie de la base économique (détaillée dans la section suivante). Par exemple Rioux et Schofield (1990) évaluent l'impact économique régional d'une base militaire en Colombie Britannique (Canada). L'impact économique de la base est important au regard de la taille de l'économie locale. Les auteurs construisent le ratio de propension moyenne à consommer locale à partir de la base économique. Le calcul de la propension moyenne locale à dépenser suppose celle-ci égale au ratio emplois basiques/emplois non-basiques. Les résultats mettent en évidence un multiplicateur probable de 1,64. Leur multiplicateur d'emplois est compris entre 1,86 et 2,15 et selon les auteurs, l'impact économique de la base peut être compris entre 14 400 et 16 600 emplois. Ces emplois attribuables – directement et indirectement – à la base militaire représentent entre 14,5 % et 16,5 % de l'emploi total de la zone étudiée.

1.3 Les modèles « de la base économique »

a) Théorie et intérêt du modèle

Selon la théorie de la base, sur tout territoire, certaines activités sont initiatrices de croissance alors que d'autres assurent le relais par des effets d'entraînement. Selon cette théorie *« le développement des villes dépend du montant des revenus externes qui viennent l'irriguer »* (Davezies 2008, p.52). La « base économique » désigne les activités fondamentales au développement d'un territoire d'une échelle quelconque (*e.g.* ville, collectivité locale, région). Il y aurait alors dans le développement économique, les activités basiques et non-basiques.

La littérature sur la théorie de la base est très fournie, tant en économie régionale qu'en géographie[29]. Si les modèles « de la base » remontent aux mercantilistes, il semblerait qu'on doive leur conceptualisation « modernisée » à Sombart (Krumme, 1968) et l'appellation explicite de « base économique » à Aurousseau (1921). Par la suite, Hoyt formalise la

[29] Ceci rend sa présentation concise assez délicate. Pour les lecteurs soucieux d'avoir une présentation plus détaillée de la théorie de la base, nous renvoyons à Gouguet et Nys (1993) et à Bailly (1971).

méthode en postulant que les « emplois de base » déterminent la taille des villes (Hoyt 1954, 1961). Pour North (1955), « la base » d'une région est sa capacité à exporter[30].

Les modèles de la base considèrent généralement que les emplois induits sont générés par les dépenses de consommation courante[31]. L'emploi induit est l'emploi qui est généré dans l'économie locale lors de la dépense des revenus liés aux emplois direct et indirect de l'activité basique[32].

b) Formalisation du modèle de « la base économique »

On pose X le revenu généré par la base. Il s'agit d'un revenu exogène à l'espace de référence comme par exemple les exportations ou les financements publics d'un gouvernement central. Une fraction constante α du revenu est dépensée localement dans des produits n'appartenant pas à la base économique. Les dépenses directes issues de l'injection initiale exogène seront amplifiées par un second tour de dépenses, qui à son tour générera un troisième tour, qui a son tour sera dépensé et ainsi de suite. Lorsque l'on considère cette succession de cycles de dépenses, on en déduit le revenu régional de la zone considérée par l'équation principale suivante :

$$Y = \frac{1}{1-\alpha} X \Leftrightarrow Y = \lambda_r X \quad \text{avec } \lambda_r = \frac{1}{1-\alpha} \tag{1.9}$$

λ_r est le multiplicateur basique du revenu. La même logique est applicable à l'emploi. Pour Camagni (1996), le « multiplicateur basique » de l'emploi se formule de la manière suivante :

$$E_T = E_b + E_{nb} \tag{1.10}$$

Avec : E_b, emploi basique, E_{nb} , emploi non-basique et E_T, emploi total. En postulant que l'emploi basique est fixé à court terme et évalué localement $E_b = \bar{E}_b$:

$$E_{nb} = zE_T \tag{1.11}$$

Avec z la part de l'emploi non basique dans l'emploi total de la région ($0 < z < 1$). Par substitution :

---

[30] "*Clearly the export base plays a vital role in determining the level of absolute and per capita income of a region (…) in the export industries indicates the direct importance of these industries for the well-being of the region, it is the indirect effect that is most important.*" (North, 1955, p. 250).

[31] "*The economic output of an area can be divided into (a) output and productive services sold outside the area and (b) output absorbed internally*" (Sirkin, 1959, p. 426).

[32] "*Each person in a basic source of employment supports on the average another person in the retail trades, professions, personal services, etc…*" (Hoyt 1943)

$$E_T = \bar{E}_b \frac{1}{1-z} \tag{1.12}$$

Si la demande pour des biens basiques varie, la théorie de la base postule que l'emploi non-basique suivra les variations de l'emploi basique, soit :

$$\Delta E_T = \Delta \bar{E}_b \frac{1}{1-z} \tag{1.13}$$

Finalement, λ_E le multiplicateur d'emploi basique ($\lambda_E = \frac{1}{1-z}$) s'écrit comme suit :

$$\Delta E_T = \lambda_E \Delta \bar{E}_b \tag{1.14}$$

Une question fondamentale dans ces modèles est : comment estimer les activités de base ? Nous ne développons pas davantage cet aspect du modèle. Toutefois, diverses méthodes existent pour « diviser » l'économie d'une localité en deux parties. Dion (1987) en recense quatre principales : la répartition par attribution et le rôle de l'expert (1), le quotient de localisation (2), les exigences minimales (3) et la sensibilité de l'emploi (4)[33].

Quatre arguments peuvent justifier l'intérêt de la méthode dite « de la base » :

Premièrement, en l'absence d'une comptabilité régionale retraçant les flux entrants et sortants le recours à un tableau intersectoriel régionalisé n'est pas envisageable. Ce modèle est alors un outil pratique intéressant en analyse d'impact économique à l'échelle locale[34].

Deuxièmement, ce modèle a un rapport coût-efficacité et une facilité de mise en œuvre qui lui sont favorables (Dion 1987). Il semble d'ailleurs conserver encore un certain intérêt dans le cadre de l'évaluation de politiques publiques (Vollet & Dion 2001) ou encore d'événements de grande ampleur (Barget & Gouguet, 2010).

Troisièmement, il semblerait qu'à court terme le multiplicateur basique ne soit pas contredit par les évidences empiriques (Dion 1982, p.75).

Quatrièmement, cette théorie a le mérite de fournir un cadre général mettant l'accent sur « *des fonctions économiques définies par rapport à une relation spatiale* » (Gouguet 1981, p.64). Cette logique est résumée par Polèse et Shearmur (2005, p.111), « *le modèle de la base économique trace une ligne de démarcation entre les industries de base*

[33] En réalité il y en a d'autres et pour une présentation plus complète de ces méthodes nous renvoyons à Fusao (1980) et à Dion (1987).

[34] "*A theoretically justified identification of basic sectors is often lacking. The main significance of economic base analysis is frequently conceptual, while the foundation of various basics assumptions is still problematic. Nevertheless, from a practical viewpoint, these models have no doubt a certain merit*" (Nijkamp, Rietveld, & Folke, 2000, Chapitre 7)

(activités basiques), qui permettent à la région de gagner sa vie, et les industries d'appoint (activités non-basiques), qui découlent de la présence des activités de base ». L'argument est repris par Fujita, Krugman et Venables (1999, p.28) qui insistent cependant sur la nécessité de dépasser le « statisme » du modèle de départ en introduisant le temps. À partir de l'équation principale, les auteurs expliquent, que lorsque α s'accroît, le multiplicateur augmente et le revenu également. Le processus cumulatif qui en découle permet de poser les bases d'une croissance régionale (Fujita *et al.* 1999, p.28). Cette idée existe chez Pred (1966) où la part du revenu dépensée localement n'est pas une constante mais dépend de la taille du marché local.

c) Les limites d'une approche par la base économique[35]

Premièrement, la théorie de la base repose sur une diffusion des revenus du secteur inducteur vers le secteur induit. Or, le recours à un indicateur monétaire d'activité n'est pas toujours évident. Aussi, pour des raisons pratiques, l'approche en termes d'emplois est largement préférée à celle en termes de revenus. « Faute de données monétarisées, les chercheurs de l'après-guerre se sont tournés vers les données d'emplois (…) On a ainsi fini par oublier qu'il était question de flux monétaires dans l'espace » (Davezies 2008, p.22–56). Appliquer la théorie de la base revient généralement à chercher un multiplicateur d'emplois induits liés aux emplois directs et indirects recensés dans une région. L'information statistique apparaît bien souvent comme facteur limitant dans ces modèles.

Deuxièmement, un problème majeur réside dans la classification dichotomique des activités productives dans la mesure où certaines activités appelées « mixtes » ne sont, ni totalement basiques, ni totalement non-basiques. Les activités ne sont donc pas basiques par nature mais bien par convention et par calcul. Par exemple, certaines activités peuvent être en partie basiques si elles exportent comparativement à l'espace de référence retenu et en partie induite pour le solde (*e.g.* un hôpital possédant un équipement dont la zone de couverture est plus large que la région considérée dans l'étude, une entreprise de services ayant son siège implanté localement et « exportant » des services).

Cette dichotomie base/non-base conduit fréquemment à supposer qu'un secteur ne peut à la fois être exportateur et importateur. Les modèles de base privilégient généralement les industries exportatrices et postulent souvent que les services sont consommés localement.

[35] Ici encore la littérature est abondante. Concernant le débat sur les fondements théoriques nous renvoyons le lecteur à Gonnard et Davezies (2001) et à Davezies (2008). Enfin, en réponse aux critiques méthodologiques qui ont été adressées à la « base économique » et pour une actualisation des travaux sur la base nous renvoyons à Goouguet (1981) et à Vollet et Dion (2001).

Or il a été montré que certains secteurs de services peuvent jouer un rôle clé pour le développement des régions (Hansen 1990). Les services peuvent aussi croître indépendamment des exportations (Weiss & Gooding, 1968). Il faut en outre bien intégrer que les activités de base ne sont pas seulement les activités exportatrices mais bien toutes les activités apportant des revenus dans la région par la fréquentation « extérieure » qu'elles engendrent sur place (*e.g.* certains services publics tels que l'université, un centre hospitalier régional, le tourisme).

Troisièmement, les modèles de la base sont souvent utilisés pour réaliser des projections et le rapport activités basiques et activités non-basiques y est supposé constant, ce qui n'est pas toujours vérifié empiriquement. De plus la variation de la consommation du produit des activités non basique n'est pas toujours liée à la variation du secteur basique. Ce rapport en question dépend des préférences des ménages et des comportements des entreprises (notamment des relations interindustrielles, aucunement prises en compte dans ce modèle). Dans ces modèles, le progrès technique et les effets de productivité sont niés. La version simplifiée du modèle de la base néglige les différences de productivité entre industries.

Enfin, étendu à l'ensemble du monde, le modèle n'explique plus rien du tout. Dans le cadre d'une économie mondiale, tous les biens sont vendus « localement » et l'équation principale de la base devient 0/0, « *résultat qui n'est pas d'une aide très précieuse* » *(*Fujita *et al.* 1999).

d) Le modèle de la base appliqué aux activités de défense

La dépense militaire financée par l'État est considérée comme exogène au territoire[36]. Les activités de défense peuvent être considérées comme basiques à partir du moment où leur localisation dans une région donnée a davantage à voir avec les préoccupations stratégiques du pays qu'avec les besoins de la population de la région (Law, 1983, p. 170)[37].

À Hawaï, Sasaki (1963) calcule un multiplicateur basique dans le cadre des activités de défense. L'auteur sépare l'emploi en deux parties : celle orientée vers l'export et celle orientée vers la satisfaction des besoins locaux. Il considère que : tous les achats militaires

[36] Certains transferts sociaux tombent également dans cette catégorie de source de revenu dans la mesure où ils sont souvent décidés à l'extérieur du territoire où ils sont reçus. Aux États-Unis, Bolton (1966) cite notamment la sécurité sociale, les pensions de retraite militaires et civiles et les autres paiements fédéraux.

[37] "*Whilst every community may have shops, schools and police units, it is not so obvious that every community has a military base. The location of the latter is far more likely to be determined by strategic factors that the needs of a local community. Thus the direct employment in defence should be viewed as part of the basic sector and therefore, much likely to have an influence on regional development*" (Law, 1983, p. 170).

induisent une augmentation de l'emploi militaire local, que la masse salariale moyenne varie dans le même sens que l'emploi total des forces armées, que l'emploi est une fonction positive du produit. Le multiplicateur d'emploi des dépenses militaires est de 1,28 pour l'année 1963.

Weiss et Gooding (1968) présentent un modèle où le multiplicateur est le rapport entre l'emploi total (T) et l'emploi des activités dédiées à l'export (X). Ils divisent alors l'économie de Portsmouth en trois secteurs auxquels sont rattachés trois types d'emplois basiques et un type d'emplois non-basiques (assimilés ici aux activités de services). Ainsi :

X_1 : Emploi privé des activités à l'export sur le territoire (industrie privée)

X_2 : Emploi lié à la construction navale sur le même territoire (industrie militaire)

X_3 : Emploi total (Civil et militaire) lié à la base aéronautique (base aérienne de Pease)

Le modèle des auteurs fait apparaître des multiplicateurs spécifiques à chaque activité. Sur la période 1955-1964, ils font dépendre l'emploi dans les services (S) des trois autres catégories d'emplois. Formellement :

$$S = -12{,}9 + 0{,}78X_1 + 0{,}55X_2 + 0{,}35X_3 \text{ avec } R^2 = 0{,}78 \qquad (1.15)$$

On se situe bien dans le cadre de la théorie de la base où plusieurs activités jouent un rôle « moteur ». Les auteurs testent ensuite si le multiplicateur d'emploi d'une base militaire est différent de celui d'une installation militaire industrielle (*e.g.* le chantier naval), lui-même comparé à celui de l'industrie privée. Les auteurs déduisent ensuite les valeurs suivantes pour les multiplicateurs :

$$\frac{\Delta T}{\Delta X_1} = 1{,}8; \frac{\Delta T}{\Delta X_2} = 1{,}6; \frac{\Delta T}{\Delta X_3} = 1{,}4$$

Selon les auteurs, ces valeurs relativement faibles sont essentiellement à attribuer à la faible taille du périmètre économique étudié et à des niveaux de revenus assez faibles dans les activités considérées. Dans leur modèle, la base militaire ne dépense pas ou peu dans les activités liées à l'export. De plus elle dépense très peu en services locaux car elle s'approvisionne essentiellement sur le marché national et propose une gamme variée de services à ses personnels. Ceci est conforme aux études antérieures recensées par les auteurs qui montrent que 35 à 40 % du salaire du personnel d'une base militaire est dépensé au sein de cette même base.

L'industrie civile privée a un effet multiplicateur sur l'emploi plus fort que le chantier naval en dépit de la taille importante de ce dernier. Les auteurs expliquent ces résultats par le

fait que : les intrants de la production navale viennent pour beaucoup de l'extérieur de la zone étudiée et que les ouvriers du chantier naval ont un niveau de rémunération plus élevé (ils peuvent alors avoir des habitudes de consommation différentes et notamment une propension plus élevée à importer).

Erickson (1977) s'intéresse à l'impact régional d'une usine d'armement aux États-Unis dans le Wisconsin. Il montre que l'impact local de l'usine est largement surestimé et se résume à des achats occasionnels de produits manufacturés. Les multiplicateurs calculés par l'auteur sont très faibles. Dans l'étude, seuls trois centres urbains sur dix analysés révèlent un multiplicateur supérieur à 0,1. La ville de Sauk City Prairie du Sac montre un multiplicateur un peu plus élevé (0,172) qui serait lié à sa proximité avec l'usine de munition et la localisation de la main d'œuvre y travaillant. L'impact fort (0,116) de la ville de Madison s'explique par son rôle de fournisseur de services. L'auteur introduit une composante spatiale dans l'analyse en prenant en compte la distance. Il montre que le multiplicateur de revenu est fonction inverse de la distance à l'usine de production d'armement.

À partir de données portant sur l'emploi en 1990, Le Nouail, De Penanros et Sauvin (1995) quantifient l'impact économique des activités navales militaires dans la région brestoise (Le Nouail, de Penanros et Sauvin, *in* De Penanros (1995)). Ils distinguent les emplois indirects, directs et induits. L'emploi direct est calculé en sommant les militaires (hors-contingent) et les civils en incluant la sous-traitance de la DCN. L'emploi indirect est lié aux marchés de travaux et de fournitures passés par les diverses composantes de l'arsenal avec les entreprises locales. Il est estimé à partir d'un ratio de dépendance des entreprises locales vis-à-vis de l'arsenal. L'emploi induit concerne essentiellement les emplois de services aux ménages liés aux dépenses locales de consommation des employés directs et indirects de l'arsenal. Les auteurs estiment alors à 35 394 le nombre d'emplois liés aux activités militaires (22 571 emplois directs et 11 536 emplois indirects et induits). Le coefficient multiplicateur d'emploi est de 1,57 (35 394 / 22 571)[38].

Dans l'étude de Boncoeur et Tanguy (1997) portant sur Brest, la base économique concerne les actifs ou inactifs recevant un revenu exogène à l'aire d'évaluation et ne dépendant pas de la population locale[39]. L'originalité de l'approche consiste ici à définir en premier lieu, non pas les activités basiques, mais les activités non-basiques, *i.e.* produisant des biens et

[38] Les auteurs estiment que le coefficient est sous-estimé car leur étude ne permet pas de distinguer les activités relevant de la base navale des activités industrielles de défense. Or les études tendent à montrer que ces dernières ont un coefficient multiplicateur régional plus élevé que les premières et donc un effet plus fort sur l'emploi.

[39] Définition adoptée par Laurent *in* Lollier, Prigent et Thouément (2005, p. 173-189).

services « consommés par les ménages locaux » sur l'aire d'évaluation[40]. Une fois cernées, ces activités induites sont traduites en emplois. Le complément en emplois est affecté dans la base économique avec les titulaires de revenus autonomes exogènes (*e.g.* retraités, chômeurs, étudiants) qui contribuent à l'existence des activités induites. Si l'aptitude exportatrice de l'activité n'est plus une préoccupation essentielle dans cette approche de la base, l'exercice est difficile et partial pour cerner les activités destinées à couvrir les besoins des ménages résidants. La démarche se formalise de la manière suivante :

$$E_t = E_i + E_b \tag{1.16}$$

Où E_t est l'emploi total, E_i, l'emploi induit et E_b, l'emploi de base. Le rapport emplois induits/population présente dans la base donne alors le nombre d'emplois induits par individu appartenant à la base économique. On pose λ, le coefficient d'induction, pour une zone déterminée avec une comptabilité fiable en termes d'emplois recensés et classifiés :

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^{n} N_i}{\sum_{j=1}^{m} N_j + C + R} \tag{1.17}$$

Avec $\sum_{i=1}^{n} N_i$, somme des emplois induits, $\sum_{j=1}^{m} N_j$, somme des emplois incorporés dans la base, C, population au chômage et R population retraitée. Le calcul du coefficient d'induction permet d'établir la correspondance suivante : un emploi incorporé dans la base génère λ emplois induits. Ce coefficient est un ratio moyen qui s'applique à tout secteur économique faisant partie de la base telle qu'elle est définie.

Les auteurs construisent deux scénarios appliqués aux restructurations économiques de la Direction des Constructions Navales (DCN) de Brest. Un premier scénario où les personnels de la sous-traitance sont au chômage en continuant à résider sur place. On assisterait à 650 départs de la DCN et à une augmentation de 1 100 chômeurs. Au total, compte tenu des hypothèses du modèle, la restructuration entraînerait la perte de 1 200 revenus moyens brestois (avec une baisse des emplois induits de 450). Dans le deuxième scénario, la DCN rapatrie une partie des travaux confiés aux entreprises sous-traitantes de façon à conserver les salariés d'État concernés par la suppression des 600 derniers postes prévus. D'autre part, les personnels de la sous-traitance quittent la région (emploi à court terme en dehors de la zone d'emploi). Ce scénario aboutit à la perte de

[40] Cette méthode est très proche de l'actuelle distinction de l'Insee entre activités présentielles/non-présentielles.

2 245 revenus moyens brestois dans la base économique et à la disparition de 870 emplois induits[41].

Catin et Nicolini (2005) proposent une estimation par « la base » de l'effet des dépenses effectuées par la DCN sur l'économie varoise. Leur ratio multiplicateur d'emploi se situe entre 1,82 et 1,99[42]. Pour l'année 1998, à un emploi à la DCN Toulon correspond environ deux emplois dans l'économie locale. Leurs résultats sont retracés ci-dessous, avec un effectif total de 3 424 personnes employées à la DCN en 1998 :

Tableau 2 Ratios multiplicateurs d'emploi de la DCN Toulon en 1998

Taux de dépendance moyen*	Hypothèse	Emplois entraînés	Méthode	Emplois induits	Ratio multiplicateur de la DCN Toulon
45 %	Basse	2460	A	1142	2,05
			B	541	1,88
	Haute	4392	A	1516	2,73
			B	719	2,49
	Moyenne	3426	A	1329	**2,39**
			B	630	**2,18**
30 %	Basse	1640	A	982	1,77
			B	466	1,61
	Haute	2928	A	1232	2,21
			B	584	2,02
	Moyenne	2284	A	1107	**1,99**
			B	525	**1,82**

Légende :
* des établissements varois liés à la DCN Toulon en 1998.
Méthode A : emplois induits calculés en multipliant les emplois directs et entraînés par le ratio emplois salariés varois dans le secteur de la construction, du commerce, des transports, des activités financières et immobilières ainsi que des services aux particuliers à hauteur de 50 % sur l'emploi salarié total du Var.
Méthode B : emplois induits calculés en multipliant les emplois directs et entraînés par le ratio emplois salariés varois dans le secteur des services aux particuliers sur l'emploi salarié total du Var.

Source : Catin et Nicolini (2005b, p. 7)

En France, la réforme quasi continue de la « carte militaire » ces vingt dernières années a amplifié la demande des collectivités en information sur l'impact économique des activités militaires. En marge des travaux académiques, on note avec intérêt l'existence de méthodes d'évaluations régionales formalisées proposées par l'Insee. Ces méthodes sont très inspirées de la théorie de la base économique ce qui justifie leur insertion dans cette sous-section.

[41] En réalité, les pertes d'emplois ont été supérieures aux estimations hautes du modèle. La perte totale d'emploi estimée par la préfecture en 2002 était de 3 134 emplois directs (marine nationale, DCN, DGA) et indirects (sous-traitance) entre 1996 et 2002 (Sous-Préfecture de Brest 2002).

[42] Le ratio multiplicateur d'emploi s'obtient en divisant les emplois directs, entraînés et induits par l'emploi direct. Le taux de dépendance posé par les auteurs concernant les emplois indirects est de 30 %.

Une étude quantifie l'impact sur l'emploi des activités économiques liées à la présence du 1er Groupement de Missiles Stratégiques sur la région d'Apt (Laganier & Gastaud, 1996). Ce régiment basé sur le plateau d'Albion assurait la composante terrestre de la dissuasion nucléaire. L'installation militaire de 70 000 hectares a été dissoute en septembre (Guillemin 1996, p. 7). L'étude de l'Insee pose un cadre méthodologique afin d'estimer l'impact de la dissolution sur l'économie locale. Elle estime les impacts : « direct », « indirect induit » et « indirect entraîné » sur l'emploi[43]. Outre l'intérêt d'effectuer l'évaluation d'un établissement militaire de taille importante dans une économie peu diversifiée, cette étude présente l'intérêt de mettre en place une aire d'évaluation relative. Les auteurs définissent alors un critère seuil qui est pour une commune d'avoir un « ratio emploi-dépendance direct » égal à 3 % ou plus.

L'étude s'appuie sur une enquête qui identifie en 1995, 1 169 actifs rattachés à la base (966 militaires et 203 civils), 740 conjoints et 1 191 enfants de moins de 20 ans. L'impact direct lié à la base est estimé à 3 100 personnes dont les trois quarts résident dans le périmètre d'étude, *i.e.,* 15 communes autour du plateau d'Albion. L'impact direct net est alors estimé à 2 341 individus. L'impact indirect induit est estimé à 793 individus et l'impact indirect entrainé à 57 individus. L'impact direct représente 73 % de l'impact total, l'impact indirect induit 25 % et l'impact indirect induit à peine 2 %. De la présence du régiment dépendraient alors 492 emplois non militaires (7 % de l'emploi local). Un emploi direct sur le plateau d'Albion génère 0,36 emplois indirects – induits et entraînés – avec un coefficient multiplicateur de 1,36. Cette valeur relativement faible s'explique par des contrats locaux de faibles montants et surtout par un montant important des commandes de la base qui s'effectue au-delà du périmètre d'évaluation. L'étude laisse supposer que l'essentiel de l'impact du plateau d'Albion est en grande partie dû à un effet de redistribution de revenu car les prestations familiales distribuées au personnel de la base, et potentiellement dépensées dans l'aire d'impact, sont plus élevées que la moyenne. D'ailleurs, les emplois générés sont majoritairement des services (20 % de l'impact total dont 13 % en services non-marchands et 7 % en services marchands).

[43] L'impact direct concerne les effectifs de la base et leurs familles ainsi que les établissements étroitement liés à la base militaire. L'impact indirect induit résulte des dépenses réalisées dans les commerces, services administration, bâtiment et travaux publics par le personnel de la base. L'impact indirect entraîné concerne les commandes de la base et des établissements liés aux entreprises locales (estimé sur la base d'un ratio dépendance emploi-chiffre d'affaires).

Sur la base des travaux effectués sur le Plateau d'Albion, l'Insee a ensuite standardisé une méthode dans un but opérationnel d'outil d'aide à la décision[44]. Dans un souci de commodité pour décrire cette méthode, on appelle l'entité évaluée une base militaire (BM).

Selon l'Insee, l'emploi total (E_T) entraîné par l'activité d'une BM est estimé par l'addition de trois effets : D'abord un effet sur l'emploi direct (E_D) : il s'agit des emplois salariés de la BM. La mesure de l'emploi direct se fait par collecte statistique auprès des organismes concernés. Un effet sur l'emploi indirect **(E_I) :** il s'agit des emplois auprès des fournisseurs, sous-traitants et prestataires de services de la BM. La méthode suppose que la part des emplois indirects soit égale à la part des commandes de la BM dans le chiffre d'affaires de l'établissement fournisseur. Ce dernier est estimé à partir du chiffre d'affaires de l'entreprise au prorata de la masse salariale de l'établissement. Les emplois calculés sont des postes de travail et non pas des équivalents temps plein. Elle prend en compte uniquement les fournisseurs directs du centre militaire et exclut les fournisseurs de second rang. Cette méthode exclut en outre le cas des fournisseurs répondant à une commande nationale (équipement militaire et maintenance de ces derniers par exemple). L'aire d'évaluation utilisée par l'Insee étant généralement la zone d'emploi.

Enfin, l'Insee calcule un effet sur l'emploi induit (E_i)**.** Il s'agit des emplois nécessaires pour satisfaire la consommation des salariés (BM et fournisseurs rattachés indirectement à la BM) et de leur famille. Il s'agit donc d'emplois dans les établissements produisant des biens ou des services consommés localement. Le zonage élémentaire de calcul de l'effet induit est le bassin de vie dans lequel réside la famille concernée. Il est fréquent que la zone d'emploi corresponde au bassin de vie. Il est supposé que la totalité des salariés résidents et leur famille consomment les « services à la population » dans cette même zone. Formellement, l'impact total en termes d'emploi pour une aire d'évaluation donnée et une activité économique donnée s'écrit :

$$E_T = E_D + E_I + E_i \qquad (1.18)$$

Timotéo (2008) étudie l'impact économique du Centre national d'aguerrissement en montagne de Barcelonnette (CNAM) (fermé en 2009). Il montre qu'en 2007 le centre emploie 121 salariés (10 % des emplois de Barcelonnette et 2 % de la population). Dans la zone

[44] Exemple in Timotéo (2008) : « *Les résultats de cette étude permettront notamment de mieux cibler les actions inscrites dans le Contrat de redynamisation du site de défense (CRSD) qui, conformément aux instructions du Premier Ministre, sera signé entre l'État et les collectivités concernées* ».

d'emploi de Digne, l'activité du CNAM concerne directement près de 310 personnes[45]. Les dépenses du CNAM génèrent indirectement l'équivalent de 15 emplois auprès de ses 80 fournisseurs et prestataires de service. Le nettoyage et le gardiennage sont les principales activités générant ces emplois. Dans la zone d'emploi de Digne, on estime que plus de 70 emplois sont nécessaires pour satisfaire la consommation des ménages directement ou indirectement liés au CNAM. Ces emplois sont localisés dans des d'établissements produisant des biens et services de proximité répondant à des besoins locaux (*e.g.* alimentation, habillement, logement, services). Au total, En 2007, le CNAM génère 207 emplois (directs, indirects et induits) dans la zone d'emploi de Digne. En 2009, le même auteur estime l'impact économique du Centre national d'aguerrissement en montagne de Briançon (fermé en 2009) (Timotéo 2009). L'activité du CNAM-Briançon génère 217 emplois dans la zone d'emploi de Briançon. La population totale concernée par l'activité du centre atteint près de 520 personnes, principalement domiciliées à Briançon ou dans ses communes proches. Aucun établissement fournisseur ne semble dépendre fortement de l'activité du centre militaire.

Bouffin et Dhune (2009) évaluent l'impact économique de la Base Aérienne 217 et du 1er Groupe Logistique du Commissariat de l'Armée de Terre en région Parisienne. Les deux structures emploient 2 332 personnes en Essonne et génèrent 33 emplois dans ce département *via* leurs commandes. En ajoutant les conjoints et les enfants, ce sont 5 000 personnes en Ile-de-France qui sont concernées dont environ 4 000 en Essonne. Leurs dépenses de consommation induisent 481 emplois dans ce département. Pour les auteurs, l'impact économique de cette formation militaire est limité.

Formont (2009) étudie l'impact du 517ème régiment du train et de la 12ème base du soutien matériel dans la région Centre. L'activité des deux unités génère près de 1 700 emplois directs, indirects ou induits dans la région Centre (70 % par le 517ème Régiment du Train et 30 % par la 12ème BSMAT). Ces emplois sont majoritairement directs et induits car les commandes auprès d'entreprises de la région ne génèrent qu'une trentaine d'emplois indirects. Ces commandes relèvent souvent de marchés nationaux avec des fournisseurs majoritairement localisés en Île-de-France. Les emplois induits sont à 75 % des emplois de services locaux (éducation, santé et action sociale, administration, commerce et services aux particuliers) et près de la moitié dans les secteurs non marchands.

Kubiak et Serre (2009) étudient l'impact du 13ème Régiment de Dragons Parachutistes sur la commune de Dieuze, en Lorraine (fermé 2011). L'effet direct est de 930 emplois, l'effet

[45] Il s'agit de l'ensemble des personnes vivant avec un salarié du CNAM (conjoint et enfants).

indirect de 20 emplois et l'effet induit de 300 emplois. Deux tiers des dépenses du régiment sont centralisés au niveau national. Les retombées résidentielles induites sont significatives notamment sur les effectifs des écoles primaires. Les auteurs relèvent qu'en 2009, les enfants de militaires représentent 10 % des élèves scolarisés de la commune (192 enfants).

Pour Panafieu et Brefort (2009) la fermeture de la base aérienne 112 dans la Marne a un impact économique limité. En 2008, cette base emploie 1 514 militaires et civils et génère une vingtaine d'emplois indirects sur la région. Les emplois induits sont estimés à environ 500 emplois. Sur le département, en comptant les conjoints et enfants des salariés, la population totale concernée par la présence de la base s'élève à 4 800 personnes.

Kubiak et Serre (2010a) étudient l'impact économique de la Base Aérienne 128 à Metz. Avec 2 502 militaires et civils, cette base est l'un des plus gros employeurs de la zone d'emploi messine. La fermeture de la base en 2012 entrainerait la suppression de 2 502 emplois directs et d'une centaine d'emplois indirects. L'effet induit par les dépenses de consommation associées aux emplois directs et indirects[46] est estimé à près d'un millier d'emplois divers, dans les activités de loisirs mais aussi les biens d'équipement comme l'informatique ou l'automobile.

1.4 Les modèles économétriques régionaux

L'économétrie trouve également des terrains d'application dans la mesure des impacts régionaux des activités de défense. Une présentation détaillée des modèles économétriques régionaux dépasserait largement le cadre de cette revue de la littérature. On se contente alors de retracer les grands traits de ces modèles en se focalisant sur leur contribution à l'économie de la défense. On distingue les modèles régionaux « complets », qui modélisent toute l'économie régionale où s'insère l'activité de défense dont on évalue l'impact, des modèles « restreints », qui sont moins complexes.

a) Les modèles économétriques régionaux « complets »

i) Cadre général des modèles économétriques régionaux « complets »

[46] Ces derniers sont majoritairement localisés dans la zone d'emploi puisque « l*es militaires, malgré des contraintes opérationnelles et d'affectation fortes, recherchent très souvent une proximité entre lieu de travail et lieu de résidence (…) moins de 3 % peuvent être considérés comme des célibataires géographiques, c'est-à-dire travaillant sur la zone de Metz et vivant en couple hors de la région* » (Kubiak & Serre, 2010b)

Demons (1978) souligne que si les modèles macroéconomiques sont devenus des outils indispensables dans le cadre des politiques économiques nationales, l'analyse des économies régionales nécessiterait elle aussi « *le recours à une représentation formelle à des fins descriptives, prévisionnelles et politiques* ». Les modèles régionaux sont cependant d'un emploi assez limité en France contrairement aux États-Unis.

Ces modèles sont souvent construits sur une base de départ keynésienne dans laquelle les variations du produit régional sont attribuables à un changement dans la demande globale, changement qui facilite la réponse d'offre lorsque des capacités productives sont inemployées dans la région. Dans ce type de modèles, l'activité économique de la région peut être désagrégée en différentes sous-parties, lesquelles peuvent être modélisées séparément (*e.g* les déterminants de l'investissement, l'emploi et la production). Les relations entre les variables sont alors estimées et le modèle permet de modéliser un choc exogène à la région, d'en estimer l'ampleur et d'en mesurer précisément les effets. Dans la littérature contemporaine en économie régionale, les modèles économétriques régionaux ont été développés et étendus afin de prendre en compte les exportations dans les modèles de croissance ou des différences inter-régionales de coût du travail.

ii) Intérêt et limite des modèles économétriques régionaux « complets »

Par rapport aux modèles régionaux statiques, les modèles économétriques permettent une analyse dynamique des économies régionales (prise en compte des interactions entre les « blocs » de l'économie à l'échelle régionale). Ils sont plus précis et permettent, quand l'information statistique est disponible et accessible, de mieux appréhender le fonctionnement des économies régionales en tenant compte de davantage de variables et en s'adaptant aux problématiques étudiées (*e.g.* prises en compte des variations de prix, de salaires, des taux de chômage).

Pour Bolton (1985) le principal facteur limitant dans ces modèles est clairement le manque d'information aux échelons régionaux. La plupart du temps les modèles économétriques régionaux nécessitent des données indisponibles à l'échelle à laquelle on souhaite construire le modèle. L'absence de ces données (*e.g.* sur l'investissement, les exportations ou la consommation) fait presque toujours obstacle à la modélisation.

D'autres données n'existent tout simplement pas. C'est le cas par exemple des profits des établissements des firmes multinationales. Si théoriquement il existe bien des profits « locaux », empiriquement il est impossible ou très hasardeux de les estimer. Les données nationales sont alors souvent utilisées pour le paramétrage des modèles, mais avec une perte

de qualité notable (Klein & Glickman 1977, p.5). Si le modèle économétrique s'inspire d'une base I-O, la matrice des coefficients nationaux pourra être utilisée et transposée à l'échelon régional. Si le modèle a une base keynésienne, des paramètres nationaux comme la propension marginale à consommer (ou à épargner) pourront être utilisés. Ces dernières remarques montrent selon nous une des faiblesses des études économétriques régionalisées car le fait de mettre en place un modèle régional sur la base de paramètres nationaux « gomme » les spécificités régionales.

iii) Cas d'application des modèles économétriques régionaux « complets »

Dans le cadre de l'évaluation économique des activités de défense, des modèles économétriques se sont développés pour mesurer l'impact économique des bases militaires (souvent dans une perspective de coupures budgétaires ou de fermetures de bases). La plupart sont apparus aux États-Unis sur la période 1960-1970. Une présentation plus détaillée des modèles économétriques régionaux « complets » prenant en compte les dépenses militaires est proposée par Klein et Glyckman (1977) et par Braddon (1995).

À titre illustratif, nous présentons ici deux modèles : celui de Burton et Dyckman (1965) appliqué à la Californie et celui de Glickman (1977) appliqué à l'économie de Philadelphie. Ensuite on présente les résultats de Nicolini (2003) qui a appliqué ce type de modèle au Var (France).

Le modèle de Burton et Dyckman (1965) est construit pour l'État de Californie aux États-Unis à partir de 53 secteurs. Il repose sur les fondements théoriques de la « théorie de la base économique ». Le modèle, testé sur une période de dix ans (1950-1960), mesure l'impact d'une réduction des dépenses de défense sur l'économie californienne. L'impact simulé d'une baisse de 10 % des dépenses de défense agit comme une réduction des exportations des industries régionales, puis dans le reste de l'économie. Les auteurs estiment qu'une réduction des dépenses de défense nationale réduit les salaires californiens d'un dollar dans les industries directement dépendantes. Cette variation entraîne une baisse de 2,47 dollars de l'ensemble des salaires de l'État californien.

Glickman (1971) développe le modèle « Philadelphia ». Le modèle initial est composée d'une structure macroéconomique de 26 équations modélisant trois secteurs économiques : le secteur industriel (1), le secteur du commerce et des services (2) et le reste des activités productives (3). Le modèle est testé sur la période 1949-1966. Il détermine le produit régional brut, le niveau général des prix, la population active et la population totale

régionale. Il repose également sur des hypothèses de type « théorie de la base »[47]. Ce premier bloc est complété par la détermination de la demande finale (investissement régional et consommation finale régionale et dépenses publiques régionales). Dans le modèle de 1977, l'économie de Philadelphie, fortement dépendante des crédits militaires est désagrégée et modélisée en 19 secteurs. Le modèle simule les effets d'une réduction des dépenses militaires d'un montant de 100 millions de dollars. Les résultats montrent que le principal impact d'une réduction des dépenses militaires ayant lieu en 1975 est fortement ressenti la même année. Le produit régional brut diminue de 94,9 millions de dollars en 1975 et de 161,2 millions de dollars en cumulé, huit années après le choc initial. L'emploi régional chute de près de 2 500 emplois l'année du choc et la perte d'emplois cumulés au bout de huit ans est de 13 260.

Nicolini (2003) construit un modèle économétrique simulant l'impact des dépenses de la DCN de Toulon sur le Var (83). Le modèle est élaboré à partir de données départementales annuelles portant sur la période 1985 à 1999. Il se compose de quatre blocs : un bloc « emploi-population » formé de neuf équations, un bloc « revenu » constitué de quatre équations, un bloc « production » comprenant trois équations et un bloc « demande finale » regroupant neuf équations. La valeur du multiplicateur annuel de production/revenu de l'activité de la DCN Toulon se situe entre 1,27 et 1,29 sur la période 1985 à 1999. Une hausse de 6 % de la propension marginale régionale à importer diminue, en moyenne, la valeur du multiplicateur de 0,2 %. De plus, le modèle intègre alors des effets d'entraînements intersectoriels *via* les achats de consommations intermédiaires. Plus de 90 % de l'effet multiplicateur dynamique est obtenu dans la première année, et davantage par le canal de « l'offre » (entraînements intersectoriels) que par celui de « la demande ».

b) Les modèles économétriques régionaux « restreints »

Mehay et Solnick (1990) étudient les effets régionaux sur la croissance et l'emploi industriel attribuables aux dépenses militaires pour les différents États américains sur la période (1976-1985). Les effets potentiels des dépenses militaires sur la croissance sont attendus *via* des mécanismes de *spin off* régionaux, par un renforcement de l'attractivité et un accroissement de la mobilité des facteurs de production. Leur modèle économétrique estime que 1 million de dollars en dépenses militaires génèrent en moyenne 1,76 millions de dollars

[47] "*The model takes explicit account of the economic base hypothesis by postulating that output in sector one Q1, is export oriented and thus tied principally to the growth of the national economy*" (Glickman 1971, p.19).

de revenu. Les auteurs concluent à un effet positif des dépenses militaires agrégées sur la croissance régionale. Cependant, lorsque la dépense militaire est désagrégée (séparation des dépenses militaires de fonctionnement des dépenses militaires d'investissement), seule la dépense militaire d'investissement aurait un effet positif sur la croissance. En revanche, les deux types de dépense militaire ont un effet positif sur l'emploi industriel.

Rowley et Stenberg (1993) estiment l'impact de la fermeture des bases militaires américaines entre 1961 et 1990 en distinguant les *counties* métropolitains des *counties* non métropolitains (c'est à dire des territoires ruraux qui ne possèdent pas une ville d'au moins 10 000 habitants). En premier lieu, leurs résultats montrent que la perte d'emplois est relativement plus forte dans les territoires ruraux que dans les territoires métropolitains[48]. D'abord en termes de pertes d'emplois militaires, les territoires ruraux sont également plus affectés que les territoires métropolitains. Ensuite, les territoires non métropolitains perdent plus d'emplois civils liés aux bases que les territoires métropolitains. En deuxième lieu, en termes d'emplois civils, les deux tiers de chaque catégorie de territoires (*metro counties* and *non-metro counties*) regagnent autant d'emplois qu'ils n'en perdent suite à la fermeture de la base. Les auteurs montrent également que la croissance du revenu est plus faible sur la période pour les territoires ruraux ayant subi une fermeture de base militaire que pour les territoires métropolitains ayant subi une fermeture de base militaire. Enfin, une corrélation est montrée entre le temps nécessaire à la conversion économique et les succès dans les efforts de redéveloppement des anciens sites miliaires.

Parai *et al*. (1996) estiment l'impact économique de 44 bases militaires canadiennes sur leur environnement. Les résultats économétriques montrent que les bases localisées dans de larges communautés d'accueil ont généralement un faible impact économique dû à l'importance de l'économie locale par rapport à la base. Ces catégories de bases contribuent à moins de 1 % de l'activité économique locale. À l'inverse, les bases localisées dans de petites communautés d'accueil ont un impact économique local important (environ 25 % de l'activité économique locale).

Krizan (1998) étudie l'impact sur l'emploi des fermetures de bases militaires aux États-Unis sur la période 1989-1996. Il modélise la croissance annuelle de l'emploi comme une fonction de la variation nette dans le personnel des bases militaires pour des sites atteints

[48] "*Combining the two types of job losses (while noting that the two types of losses have different multiplier effects), the average nonmetro base-closing county lost neariy 10 percent of its total county employment, compared with only 4 percent for the average metro county*" (Rowley & Stenberg, 1993, p. 6).

par le *BRAC process*[49] et des sites non-atteints par le *BRAC process*. La fermeture des bases est négativement corrélée aux taux de croissance des établissements recensés. Dans un résultat qui semble paradoxal à première vue, l'auteur note que la recherche d'emploi s'améliore avec la fermeture des bases et que l'effet est plus fort dans les plus petites villes[50]. Ce résultat est attribué à la présence de nombreux retraités militaires localisés près des bases militaires. En effet, il s'avère qu'une fois la base fermée, les retraités militaires vivant près des bases se voient dans l'obligation d'acheter des biens et services auparavant fournis par la base militaire dans l'économie locale. Il en découle un effet positif pour l'économie locale, notamment lié à des augmentations des ventes dans les commerces de détail. En outre, l'effet ne semble pas affecté par la distance entre les bases militaires et les villes.

À nouveau aux États-Unis, Hooker et Knetter (2001) mesurent les effets de la fermeture des bases militaires sur l'emploi et le revenu à l'échelle des *counties*, pour la période 1971-1994. Les bases militaires représentent parfois plus de 30 % de l'emploi total et sont donc indirectement responsables d'une part importante du revenu. Les auteurs soulignent aussi l'importance des transferts publics liés à l'existence des bases et notamment dans la maintenance des infrastructures publiques locales. Leurs résultats mettent en évidence des multiplicateurs d'emplois inférieurs à un (résultats nettement inférieurs à ceux mis en évidence dans les nombreux modèles I-O). À court terme, l'impact serait limité aux pertes d'emplois directs et le revenu par tête des *counties* semblerait n'être que très peu affecté en moyenne. Les auteurs expliquent ces résultats par les caractéristiques locales des marchés du travail (et notamment la capacité des civils anciennement employés dans les bases à retrouver un emploi mieux rémunéré), le potentiel d'usage alternatif des terrains disponibles après le départ des militaires et la proximité de certaines bases avec des réseaux et infrastructures de transport. Ces résultats sont cohérents avec les résultats de Hooker (1996) qui déjà soulignaient l'effet modéré des coupes budgétaires militaires sur les économies de 50 États, pour la période 1963-1994[51].

---

[49] *BRAC*: *Base Realignment and Closure*. Il s'agit d'un important mouvement de fermeture des bases militaires aux États-Unis.

[50] "*An expected and/or current change of 1000 workers (military or civilian) at a base within 5 miles of a typical California establishment results in a decline of an establishments growth rate of only 0.2 % (…) results indicated that base closures are negatively correlated with establishment net growth rates, though slightly less so in small communities. On the other hand, workers' employment prospects improve as bases shrink and the effect is actually stronger in smaller towns*" (Krizan, 1998, p. 26).

[51] "*Large cutbacks appear to have moderately large impacts, concentrated on the exposed states, while small changes of either sign and large increases have smaller, and less precisely estimated, impacts. A similar pattern of coefficients was found using employment growth as the dependent variable, and in earlier work using state unemployment rates as well*" (Hooker 1996).

Poppert et Herzog (2003) s'intéressent à l'impact des *BRAC Process* aux États-Unis et aux effets indirects des restructurations des bases militaires sur l'emploi. Leur base de données regroupe 3 092 *counties* sur 20 ans (1978-1997) avec près de 963 installations militaires dont 97 sites inclus dans le *BRAC Process*. Les résultats montrent un effet positif sur l'emploi dans les *counties* présentant des caractéristiques de dépendance aux activités militaires. Pour les territoires accueillant un site fermant dans le cadre du *BRAC Process*, les auteurs montrent que l'effet positif sur l'emploi intervient près de deux ans après la fermeture de la base. Cet effet serait dû à plusieurs facteurs : l'optimisme local et la capacité à réamorcer un processus de développement alternatif, les potentielles réaffectations d'anciennes infrastructures militaires vers d'autres usages civils, les aides publiques liées aux fermetures des bases.

En étudiant 31 municipalités suédoises, Andersson *et al.* (2007) montrent que la fermeture des bases (24 bases en dix ans) n'a eu que très peu d'impact sur le revenu moyen et le taux de migration entre municipalités[52]. Ces résultats s'expliqueraient par la composition du marché du travail Suédois. La plupart des anciens employés (directs et indirects) des unités militaires auraient trouvé un autre emploi dans le secteur privé ou public. Puisque les territoires semblent avoir une certaine capacité de résilience, notamment au niveau du marché du travail, ceci pose alors selon eux la question de la légitimité des subventions publiques aidant les localités affectées par les fermetures.

Paloyo *et al.* (2010) étudient l'impact régional des fermetures des bases militaires en Allemagne. En 2001, le ministère de la défense met en œuvre une politique visant à rationaliser les implantations géographiques des bases militaires. Il s'agit notamment de fermer 187 bases sur 575 pour la période 2003–2011. L'étude porte sur 429 *Kreise* (niveau NUTS3). Les auteurs circonscrivent les effets de la fermeture des bases sur l'emploi grâce à une technique SIG (*buffers*). Ils montrent que la fermeture n'a pas d'effet socio-économique significatif sur les territoires environnants. Ces résultats s'expliquent par la faible taille des bases allemandes par rapport à des bases américaines par exemple, ce qui réduit les effets négatifs potentiels. Ensuite, les bases allemandes sont souvent complètement autosuffisantes avec un soutien très centralisé. Elles sont alors moins « ancrées » dans les économies locales

[52] "*Our main finding is that a closure of a military base has not had any significant impact on the subsequent average income growth rate nor the net migration rate in the affected municipalities*" (Andersson, Lundberg, & Sojstrom, 2007).

que les bases américaines[53]. Enfin, est évoquée la rapide utilisation alternative des espaces militaires rétrocédés. Les auteurs donnent des exemples de reconversions réussies de base en complexes touristiques ou en hôpitaux, lesquelles limitent les effets nets sur l'emploi *via* un effet de substitution tout en assurant de nouvelles rentrées fiscales pour les collectivités.

D'autres modèles économétriques existent, mais nous avons choisi de ne pas les présenter. Ces modèles sont plus contemporains et délaissent les cadres purement régionaux au profit de modèles de type national-régional (Braddon 1996). Ces modèles ont été appliqués au Canada, en Grande-Bretagne ou en Allemagne. Pour un aperçu de ces modèles dans le cadre américain, on pourra se référer aux travaux de Meade (1995) (modèle DEIMS) et Meade (1998) (modèle INFORUM).

Enfin, pour terminer cette revue bibliographique des modèles économétriques il est à noter que d'autres travaux Nord-Américains, plus axés « Recherche Opérationnelle » utilisent l'outil économétrique dans la modélisation de l'évaluation de l'impact économique des activités de défense, notamment dans le cadre du *BRAC process* (Brown, Dell, & Wood, 1997) (Dell 1998). Ces travaux commandés par le ministère de la défense américain sont des outils d'aide à la décision modélisant les coûts des bases militaires.

Conclusion de la section 1

Si le facteur spatial est présent dans la littérature régionale en économie de la défense, c'est essentiellement sous la forme d'un espace circonscrit permettant de faire des études d'impact quantitatives et non sous une forme explicite faisant appel à des concepts comme la distance ou les coûts de transport.

Différents modèles d'économie régionale ont été appliqués à l'évaluation économique des activités de défense. Nous avons détaillé quatre méthodes parmi celles les plus utilisées dans la littérature : les modèles Input-Output, les modèles keynésiens, les modèles « de la base économique » et les modèles économétriques. Le degré de fiabilité et d'applicabilité de ces modèles dépend bien souvent de la qualité des informations statistiques disponibles aux échelles infranationales et infrarégionales. Leurs résultats s'avèrent *« aussi variés que les hypothèses retenues par leurs concepteurs »* (Voisin 1999, p.7). Ceci fait écho à une

[53] "*These bases and the personnel living in them are not as integrated into the local community as perhaps other bases (e.g., in the United States). Since 2002, provisions for German military bases have been administered centrally through the Verpflegungsamt (Provisions Office) in Oldenburg, Niedersachsen. Although for obvious reasons fresh produce are sourced locally, goods with a long shelf life are typically procured through the Verpflegungsamt*" (Paloyo *et al.* 2010, p.13).

conclusion déjà formulée par Poffet (1989) : «*la diversité des résultats obtenus n'a d'égal que le nombre de méthodes utilisées* ». Les difficultés de l'exercice sont bien résumées par Aben (1981b) pour qui l'évaluation de l'apport économique *« d'une présence militaire* (…) *conduit à un arbitrage entre la recherche d'une explication la plus détaillée possible, et celle de données dont la validité ne soit pas trop discutable* ».

Ensuite un nombre considérable de travaux mobilisent les techniques économétriques. Il semble que la littérature actuelle en matière d'évaluation régionalisée des activités de défense s'oriente principalement vers ces techniques. Deux types de modèles économétriques peuvent être distingués. On peut distinguer les modèles économétriques régionaux « complets » (du « premier type ») qui modélisent une économie régionale entière (*e.g.* Nicolini (2003) pour le cas de l'économie varoise), des modèles plus circonscrits spatialement (du « deuxième type »). Les modèles du premier type s'avèrent être des outils d'analyse puissants dans la mesure où ils permettent la prise en compte, la plupart du temps, des aspects dynamiques et de rétroaction. Les modèles du deuxième type, certes moins ambitieux, apportent un certain nombre de résultats intéressant sur les capacités de résilience économique des territoires lors de chocs exogènes comme les fermetures de bases militaires. Ils montrent des résultats contrastés avec les modèles « canoniques » dans la mesure où dans les modèles économétriques, les effets sur l'emploi et sur le revenu de la fermeture de sites de défense apparaissent globalement positifs à long terme pour les territoires concernés.

Concernant les modèles économétriques régionalisés, il convient d'en souligner deux limites majeures. D'abord, l'information statistique n'est, la plupart du temps, pas disponible aux échelons auxquels on souhaite travailler. Cette contrainte impose de mettre en place des méthodes d'estimation des paramètres de base souvent très discutables car basées sur des données nationales (et non pas régionales) (*e.g.* propension locale à consommer, taux d'importation). Une telle limite est commune avec celles des modèles que nous avons qualifiés de « canoniques ». Ensuite ces modèles sont complexes et « gourmands en temps », ce qui limite leur intérêt opérationnel. Les modèles de deuxième type sont plus circonscrits spatialement ou dans les phénomènes qu'ils cherchent à modéliser. Ils sont moins complexes, et donc *a priori* plus facile à mettre en place, mais leur principale limite réside dans l'accès à des données fiables.

En bref, la grande limite des approches en économie régionale formalisées dans la question de l'évaluation des activités de défense sur un territoire réside dans l'accès aux données ! De plus, dans le cadre des travaux d'économie régionale il semble impossible de généraliser les effets économiques des activités de défense sur une aire d'étude délimitée. La plupart des travaux évoquent la prise en compte du contexte dans lequel est réalisée une étude et les particularités du territoire évalué. C'est justement la prise en compte de ce contexte et de ces particularités que permettent les approches monographiques qui introduisent la dimension qualitative dans l'appréhension du changement structurel lié aux activités de défense sur un territoire donné.

Section 2 : Économie régionale en économie de la défense : les approches monographiques

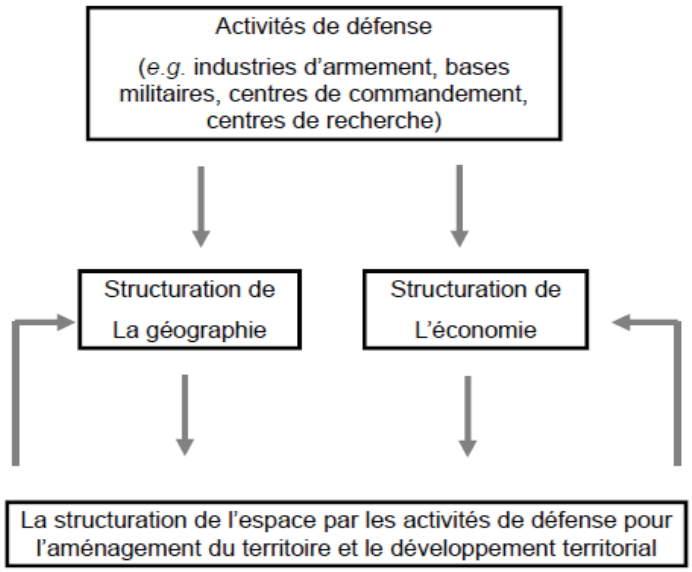
Cette section s'intéresse aux travaux de science régionale ayant abordé les relations entre les activités de défense et les économies régionales à l'aide de monographies. Parfois, regroupés sous le qualificatif de « *case studies* » (Braddon *in* Hartley & Sandler 1995, p.506), nous qualifions ces travaux « d'études régionales ». Ces études sont « territorialisées » dans la mesure où elles analysent les dynamiques économiques et sociales sur un espace géographique circonscrit (de taille très variable). Bien que formant en apparence un ensemble assez hétérogène, elles ont comme point commun la méthode monographique.

Par « monographie », nous entendons ici l'étude d'un phénomène ou d'une situation relative à un territoire, impliquant la collecte de données par une enquête de terrain et/ou l'observation directe dans le but de présenter le phénomène ou la situation étudiée sur le territoire de la manière la plus complète possible. L'enquête de terrain désigne ici « *l'ensemble des interventions pratiques du chercheur dans un milieu social donné destinées à saisir empiriquement l'objet de son étude* » (Dufour *et al.* 2011, p.22).

Quels sont les avantages, mais aussi les limites des études de cas lorsqu'il s'agit d'apprécier l'impact des activités de défense sur un territoire ? Quel est l'apport des méthodes monographiques dans la réflexion sur l'intégration de l'espace en économie de la défense ?

Vouloir effectuer une revue exhaustive de toutes les études régionales monographiques abordant les relations économiques entre les activités de défense et leur territoire d'appartenance serait probablement vain. La tâche serait d'autant plus difficile car les spécificités de la thématique et l'approche méthodologique retenue favorisent les croisements disciplinaires entre économie, géographie, urbanisme, aménagement du territoire, sociologie ou sciences politiques. Aussi, nous abordons ce problème à partir de plusieurs « invariants thématiques » qui permettent de mieux circonscrire ce champ de la littérature. Ces invariants nous semblent les plus pertinents pour structurer cette partie particulièrement dense de la littérature. Ces invariants sont : la structuration de l'espace géographique par les activités de défense, la structuration de l'espace économique par les activités de défense et enfin l'étude des activités de défense sous l'angle du développement/aménagement des territoires. Le développement d'un thème n'exclut bien évidemment pas celui d'un autre.

Figure 3 Invariants thématiques des monographies sur les activités de défense



Source : conception de l'auteur

Le schéma précédent met en relation les invariants qui structurent cette partie de la littérature sur le sujet, ce qui permet de connecter la sphère économique avec la sphère géographique. Les flèches montrent par exemple un schéma classique de structuration dans le temps des différents travaux de la littérature. À partir de considérations sur la structuration de la géographie (i) et l'économie (ii), il est possible de s'interroger sur la possibilité d'utiliser les activités de défense afin d'influencer la trajectoire économique d'un territoire (iii) (aménagement du territoire, développement économique, conversion). Comme nous l'avons précisé ci-dessus, les travaux ne sont pas mutuellement exclusifs et ce cheminement proposé à titre d'exemple n'est qu'une démarche parmi d'autres.

Nous illustrons nos invariants thématiques à l'aide d'études de cas portant sur divers territoires traités dans la littérature (essentiellement des États américains, le Québec et l'Europe). En conclusion de cette lecture analytique, nous proposons une synthèse critique présentant les avantages et inconvénients des monographies dans le cadre de l'étude du facteur géographique dans les activités de défense.

Si les résultats des monographies sont difficiles à synthétiser, la méthode permet d'apporter des éléments d'analyse notables sur le plan qualitatif. En effet, une monographie permet d'appréhender de manière plus sensible la nature des relations entre acteurs sur un territoire. Cependant, toute généralisation de ces mêmes relations est rendue difficile du fait même de la méthodologie employée. Une monographie conduit donc souvent à représenter un espace particulier plutôt qu'à en faire ressortir les dynamiques sous-jacentes.

2.1 Des activités de défense qui structurent l'espace géographique

La géographie est un élément important dans les questions de défense. Sun Tzu, stratège chinois, « *évoquait déjà l'importance que revêtent la connaissance et la maîtrise de l'espace dans la préparation des combats* » (Boulanger, 2001), et comme le disait le géographe Lacoste (1976), *« la géographie, ça sert d'abord à faire la guerre ».* Le fait que l'espace géographique structure les activités de défense est bien connu des géographes et des historiens. Par exemple, les caractéristiques géographiques d'un pays, comme la longueur ou la nature des frontières du pays influencent sa vulnérabilité (Douglas, 1926; Soria Sanchez, 1986). Cependant, cette relation n'est pas univoque et les activités de défense structurent également l'espace géographique.

Cette structuration est observable à plusieurs échelles géographiques et la littérature met en avant qu'elle dépend fondamentalement de deux facteurs : la technologie et l'histoire. Pour comprendre la configuration géographique des activités de défense, il faut alors faire appel aux transformations qualitatives des façons de faire la guerre. La littérature met notamment en avant la technologie des systèmes d'armes comme composante essentielle dans les changements des rapports des activités de défense à l'espace. Ces caractéristiques qualitatives varient selon les contextes historiques et géopolitiques et, l'implantation des activités de défense est également le reflet de facteurs historiques propres à chaque pays.

a) La structuration de l'espace par les activités de défense : la technologie et l'histoire

Selon les historiens, jusqu'au 19ème siècle, les productions militaires ont joué un rôle important dans le processus d'urbanisation. Beaujeu-Garnier et Chabot (1963) font observer que de nombreuses villes ont été créées à des fins militaires. En étudiant la croissance urbaine de Birmingham au 18ème siècle au Royaume-Uni, Wise (1949) observe que la croissance des ventes d'armes alimente le développement d'activités diverses autour des installations militaires (*e.g.* arsenaux, approvisionnement alimentaire). Les retombées de ces activités bénéficient aux villes et aux populations civiles accueillant des activités militaires.

À l'échelle d'une ville, les activités de défense structurent les formes urbaines. Cette influence des activités militaires sur la structure urbaine est notamment visible sur différentes villes britanniques (*e.g.* Winchester et la ville Romaine, Catterick et la ville de garnison moderne) (Astworth *in* Bateman & Riley, 1987, p. 17-51). Aux États-Unis, le développement

des bases, écoles et laboratoires de recherche militaire explique en grande partie la forte croissance de villes comme Albuquerque, Santa Fe, San Diego ou Colorado Springs après la seconde guerre mondiale (Jovanovic, 2001, p. 36).

En France, l'étude des « villes arsenal » comme Brest, Lorient ou Toulon révèle une très forte influence des activités de défense sur les trajectoires urbaines et de développement des villes (*e.g.* Dieudonné et Marrière (1996) pour le cas de Brest ; Le Bouedec *in* Geslin et Bergeron (2001) pour Lorient et Cros (1994) pour Toulon). Clémenceau et Ferré-Lemaire (1997) proposent une « typologie urbaine » des villes militaires. Les auteurs distinguent : la « ville verrou » – stratégique et souvent construite sur un grand axe géographique, « sans âge », aux défenses rendues obsolètes par le progrès militaire –, « la ville bouleversée » – investie par les belligérants de l'histoire de France, transformée, parfois détruite – et la « ville greffée » – ville ayant valorisé une activité économique militaire liée à un client unique et indéfectible (l'État) et qui ont souvent subi les réductions budgétaires des programmes de défense –.

La technologie joue un rôle fondamental dans l'évolution de la relation des activités de défense avec l'espace. Si jusqu'au 18ème siècle la production de défense est cantonnée aux villes, au 19ème siècle, les armées sortent des villes et la mécanisation croissante des armées pousse à une « *périphérisation de l'activité militaire* » (Leroux, 2003, p. 30). Le développement des techniques modernes de combat pousse les productions militaires à s'établir en périphérie des villes où peuvent s'établir des complexes industriels et militaires nécessitant plus d'espace. Ainsi, en France, dans le cas des mutations des port-arsenaux de la marine, les mutations technologiques du 19ème siècle (systèmes d'armes et infrastructures) modifient profondément le rapport à l'espace de la marine en obligeant cette dernière à s'étendre autour de son point d'ancrage initial[54].

Au Royaume-Uni, Wise (1949) montre que l'activité militaire, après avoir économiquement structuré les villes britanniques s'est progressivement périphérisée avec le développement des techniques modernes d'armement. Cette périphérisation de l'activité militaire s'est accompagnée d'une présence militaire permanente dans certaines zones, fait nouveau en période de paix (Kaldor 1981).

Willet (1995) fait de l'évolution des technologies militaires le principal moteur de la dynamique géographique des activités de défense (Willet *in* De Pénanros (1995)). L'auteur

[54]Par exemple : « *dans un arsenal comme Lorient, l'extension spatiale de l'établissement s'explique très largement par la multiplication des cales de stationnement* » (Le Bouedec *in* Geslin et Bergeron (2001, p. 95)).

étudie des spécialisations fonctionnelles régionales. « L'ère navale » (du 19ème siècle à 1918) correspond à une localisation dominante des armées au nord de l'Angleterre et en Écosse, « l'ère aérienne » (de 1918 aux années 1950) correspond à une localisation dominante des armées au sud de l'Angleterre et enfin à « l'ère nucléaire » (de 1950 à nos jours) correspond une localisation multi-sites, répartie entre les bases navales, les industries de défense et les activités de R&D, localisées *« loin de tout centre urbain ou de points sensibles* » (Willet *in* De Pénanros (1995, p. 111)).

La fin de la guerre froide marque un tournant majeur. La composante nucléaire demeure, mais le nouvel instrument clé de la stratégie de défense devient la force de déploiement multinationale, équipée de matériels modernes très sophistiqués. Cette phase repose sur des technologies radicalement différentes (*e.g.* informatique, nouveaux matériaux, fibre optique). En synthèse, pour Lovering (1991a), l'évolution de la technologie militaire dans les années 1980 a profondément modifié l'organisation géographique de l'industrie de défense britannique qui a concentré ses activités autour d'un nombre décroissant de sites.

Bien entendu, l'histoire et les facteurs contextuels comme les conflits influencent fortement la localisation des activités de défense. Pour Law (1983) la marine britannique est concentrée dans le sud-est (48 %), le sud-ouest (38 %) et en Ecosse (13 %) en raison d'affrontements répétés pendant plus de quatre siècles avec la France, l'Espagne et les Pays-Bas. La configuration géographique de l'armée de terre britannique suit la même tendance. À la fin du 20ème siècle, la configuration géographique de l'armée de l'air britannique doit beaucoup à la seconde guerre mondiale et notamment aux besoins du pays de se protéger des attaques venant du continent (Blake, 1981). Law (1983) par exemple, montre que le second conflit mondial a entrainé une très forte dispersion des établissements de défense sur le territoire pour des raisons stratégiques. Déjà, dès les années 1920 et 1930, les productions aéronautiques, jugées trop vulnérables à Londres, sont délocalisées dans le sud du pays. Cette dynamique de décentralisation a notamment impulsé la vocation militaire de Bristol (Lovering & Boddy 1988). Dans l'entre-deux guerres, les productions de chars et de munitions sont aussi délocalisées de Londres vers des régions périphériques (Todd, 1980, p. 119).

L'examen de la littérature révèle que le rôle joué par l'histoire dans l'implantation géographique des activités de défense serait plus marqué en Europe continentale qu'aux États-Unis ou au Royaume-Uni (Smith 1985, p.167). En France par exemple, l'État a décidé, avant la seconde Guerre Mondiale d'éloigner certaines industries sensibles de la région parisienne afin de les préserver de risques proprement militaires (invasion, bombardement). Les

industries d'armement ont été progressivement délocalisées dans l'ouest (ateliers de réparations navales de Saint-Nazaire), dans le centre (Manufactures de Bourges et de Tulle) ou le sud-ouest (Usine de production de poudre de Saint-Médard, manufacture de Tarbes). Les industries liées à la défense sont aussi progressivement transférées en province. D'abord la production aéronautique (*e.g.* Sud Aviation et Latécoère à Toulouse, Marcel Dassault à Bordeaux Mérignac, Bréguet dans les Basses-Pyrénées, la SNECMA au Havre et à Bordeaux). C'est aussi le cas de diverses entreprises privées gravitant autour des activités de défense comme Thomson à Laval, la CSF à Dijon et en Bretagne, IBM à Nice, Ducellier-Bendix à Saint-Flour.

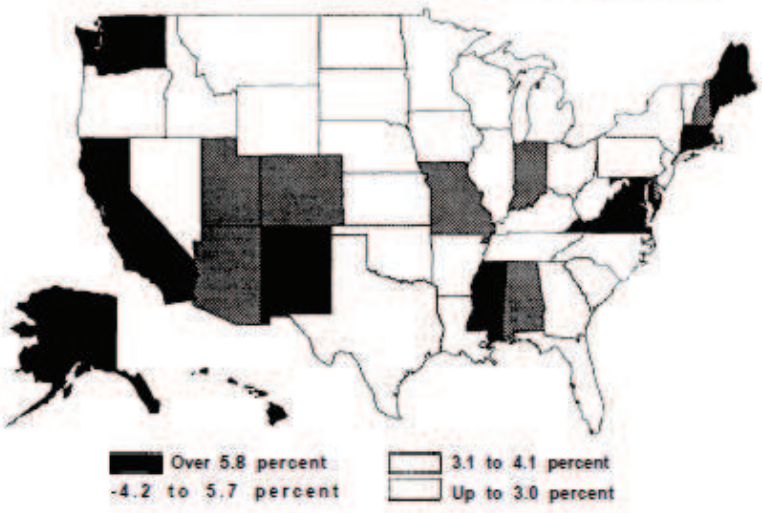
b) La mise en évidence de structures macro-géographiques liées aux activités de défense

La dynamique géographique des activités de défense permet de mettre en évidence des structures macro-géographiques. La littérature met notamment en avant une concentration géographique des activités de défense et des spécialisations industrielles et fonctionnelles régionales.

i) États-Unis

Aux États-Unis, dans les années 1980, près de la moitié des contrats de défense se répartissent dans seulement six États (Markusen 1991). Au début des années 1990, la concentration des dépenses militaires est particulièrement forte dans certains États américains.

Figure 4 Dépenses militaires aux États-Unis en 1992, par État (% des dépenses publiques)



Source : US Congress Office (1992, p.13)

Markusen met en évidence sur le plan industriel et géographique, un « *remapping* » du territoire (Markusen 1986) et la structuration d'une « *gun-belt* » (Markusen 1991) avec la concentration des industries de défense dans certaines zones du pays[55]. Elle observe une redistribution de l'emploi et de la population liée à la défense sur le territoire américain dans la seconde moitié du 20ème siècle. Cette redistribution serait liée à la croissance de l'industrie de défense, elle-même liée à la distribution nationale des crédits de défense. Markusen (1986a) montre alors un changement de tendance dans la localisation des contrats de défense des États du nord et nord-est des États-Unis vers les États du sud et de l'ouest. Cette tendance tend même à s'accélérer dans la décennie 1980 (Markusen 1986).

ii) Canada

Au Canada, l'analyse de la distribution des installations de défense et des fournisseurs d'armement montre que l'économie militaire est l'affaire d'un nombre limité de régions. Dès la fin des années 1960, les auteurs montrent une forte concentration géographique des bénéficiaires des dépenses d'équipement de défense[56]. Au Québec en 2011, l'économie de défense reste très concentrée sur le plan géographique (Belanger *et al.*, 2011).

iii) France

En France, depuis au moins la révolution, l'organisation routière est en grande partie liée à une problématique militaire (Bastié *in* Wackermann, 1996). Les implantations militaires ont beaucoup influencé la répartition humaine sur le territoire. À certaines époques, comme à la fin du 19ème siècle par exemple et dans certains lieux (*e.g.* régions frontalières), la présence militaire a été déterminante à cet égard. Quant (1984) esquisse un premier schéma géographique prenant en compte le maillage du territoire (*i.e.* l'armée est présente dans chaque département), la localisation de l'ennemi principal (historiquement situé à l'est du pays depuis la guerre de 30 ans), le poids politique de Paris et les contraintes propres à chaque armée. Sur la base de la surface occupée par les armées, Regrain (1988) élabore quatre grands

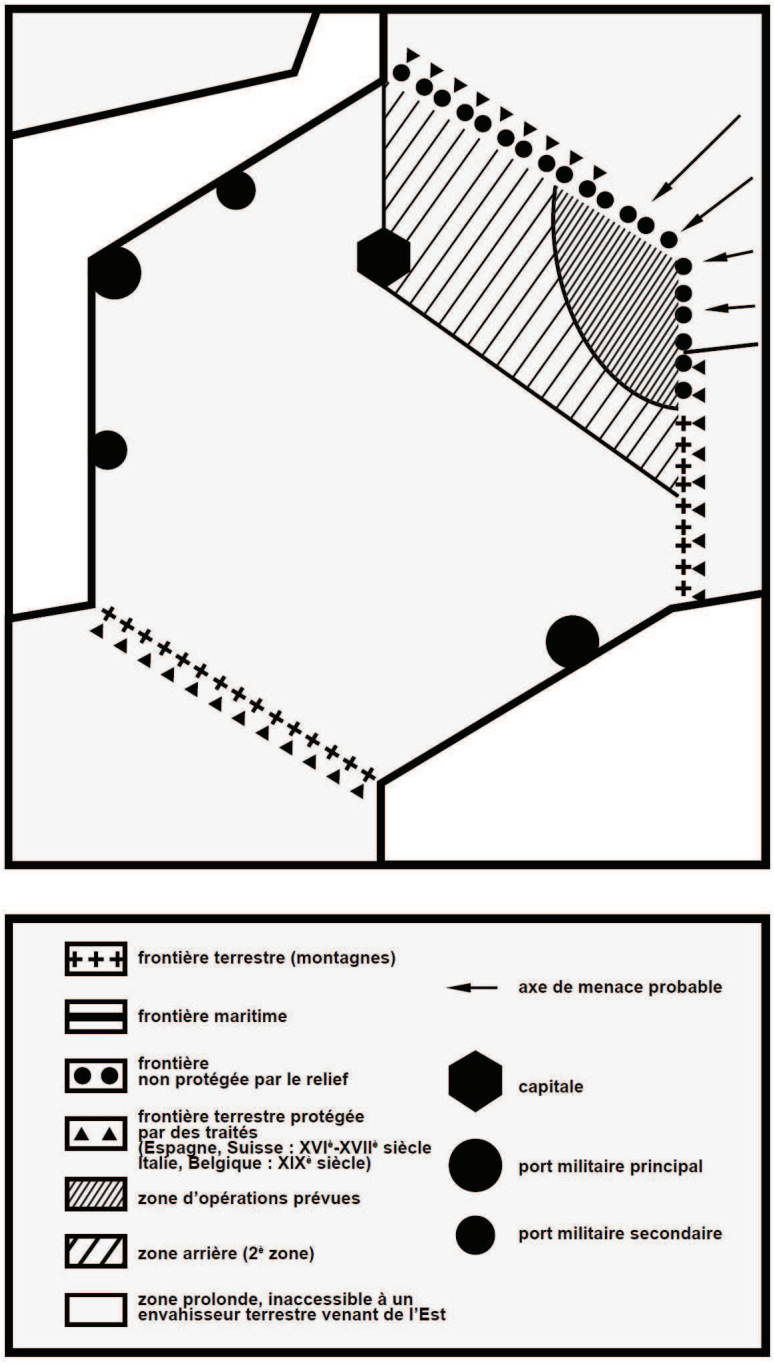
---

[55] "*Using the geographic concentration of Department of Defence (DoD) dependent firms, and defense contracts to define the Gunbelt, we found it stretching from New England, Long Island and Washington D. C. to Florida, west to Texas, Colorado, and North to Seatle, with its center in Los Angeles (…) the rise of the Gunbelt is a neglected but significant part of the shift of American jobs from the Frostbelt to Sunbelt over the past 45 years*" (Campbell, 1993, p. 204).

[56] Par exemple, dans les années 1960 près de deux tiers des dépenses d'équipements militaires sont localisées dans les aires métropolitaines de Toronto et de Montréal (Rosenbluth, 1967, p. 93-94).

ensembles géographiques : un glacis à l'est de la capitale (1), l'Ile de France (2), une bande méridionale d'Arcachon à Toulon (3) et des départements isolés, sporadiques (4).

Figure 5 Configuration géographique des armées en France selon Regrain (1988)



Source : Regrain (1988, p. 39)

Un tel schéma s'appuie sur la doctrine de la période de la guerre froide *« fondée sur l'éventualité d'un affrontement dans la plaine nord-européenne, au-delà des limites du territoire national considéré comme sanctuaire »* (Rodriguez, 1981, p. 147). Les

implantations militaires en France répondent à un certain nombre de contraintes dues à la fonction de défense (*e.g.* éloignement des activités industrielles de défense par rapport à la frontière avec l'Allemagne) mais aussi à des données techniques et géographiques (isolement du plateau d'Albion, étendue géographique du camp de Canjuers, présence de rades exceptionnelles à Brest et à Toulon) (Regrain, 1988).

Monferrand (1972, p. 11) parle de « *nature non-homogène de la répartition des troupes en France* ». Il montre que la moitié nord-est du pays se distingue plus par le poids du domaine militaire et des effectifs, tandis que la moitié sud-ouest se distingue par ses industries d'armement, ses services aux armées et les écoles militaires. Avant la révolution industrielle, les industries de défense étaient plutôt dispersées avec un armement des troupes largement fabriqué localement. « *S'il existait évidemment quelques arsenaux spécialisés, une grande partie de l'armement était produite sur place, dans les provinces* » (Phliponneau, 1957, p. 546). La révolution industrielle modifie cette répartition des activités et un déséquilibre se manifeste après la première guerre mondiale. On observe alors une « *concentration à Paris de toutes les industries légères, de toutes les industries mécaniques, de toutes les industries techniques qui présentent justement un très grand intérêt pour la défense nationale, c'est-à-dire : l'automobile, l'aviation, le matériel électrique* » (Phliponneau, 1957, p. 559).

A la fin du 20ème siècle, la littérature fait état d'une concentration régionale des activités de défense. A la fin des années 1980, plus du tiers de l'activité de défense est localisé à Paris et notamment les industries électroniques (Merchet, 1988)[57]. Si l'est et le nord du pays (proches de l'Allemagne) accueillent très peu d'industries de défense, en revanche en Aquitaine, en Midi-Pyrénées, en PACA et en Ile-de-France près d'un salarié industriel sur dix travaille dans l'industrie de défense. Dans certains départements comme le Var, le Cher, le Finistère ou les Hautes-Pyrénées, cette proportion atteint un salarié sur cinq. Pour Penanros et Serfati (2000), dans les années 1990, les centres de production d'armes sont plutôt localisés dans le sud et l'ouest. L'Île de France abrite à elle seule près de 70 % des 200 000 employés directs des industries de défense. Deux tiers d'entre eux sont employés par des grands groupes (*e.g. Dassault, SNECMA, Matra Défense*) et le tiers restant par des PME.

Tableau 3 Part régionale de la main d'œuvre industrielle de défense (fin des années 1990)

Région	Part dans la main d'œuvre	Nature des activités
Région PACA	9,5 %	Navires de combat Hélicoptères

[57] Statistique établie à partir de données portant sur la répartition régionale des salariés des industries de défense.

Bretagne	7,5 %	Navires de combat
Centre	5,5 %	Systèmes d'armes terrestres
Aquitaine	6 %	Aéronautique Aérospatial
Région Midi-Pyrénées	4,8 %	Aéronautique Aérospatial
Ile de France	33 %	Hautes technologies de défense (missiles, électronique, avions)

Source : Penanros et Serfati (2000)

iv) Allemagne

En Allemagne on constate aussi une forte concentration de la production de défense (Kunzman *in* Breheny (1988)). La construction navale se localise dans le nord tandis que et le sud du pays concentre plutôt les activités aéronautiques et aérospatiales. Les hautes technologies et les activités de R&D se développent surtout dans le grand Sud allemand. En 1990, la Bavière et le Bad Wurtemberg captent près de 60 % des commandes militaires (Carroué 1991). La Bavière reçoit à elle seule près du tiers des achats de la Bundeswehr (Carroué, 1993, p. 186). L'agglomération de Munich (2ème ville de garnison du pays) joue un rôle central. Elle « *est le nœud de connexion et d'interaction essentiel entre les différents intervenants dans le domaine de la production des systèmes d'armes* » (Carroué, 1993, p. 186). Enfin, notons que cette répartition inégale des activités de défense est aussi corrélée à un gradient de croissance économique nord/sud.

v) Italie

En Italie, dans les années 1980, on recense 80 % des emplois de l'industrie de défense dans 5 régions (sur 20 régions au total) (Paukert & Richards, 1991). Au début des années 1990, le nord du pays représente 60 % de l'emploi des industries d'armement, devant Rome (16 %) et Naples (24 %) (Batistelli *in* Paukerts et Richard (1991, p. 71-98)). Les auteurs relèvent une concentration des industries de défense dans certaines régions. Il s'agit de Brescia en Lombardie (fabrication d'armes légères), Varese en Lombardie (production d'avions et d'hélicoptères de combat) et de La Spezia en Ligurie (production d'artillerie navale).

vi) Royaume-Uni

Au Royaume-Uni, le développement polarisé des industries de défense engendre une configuration industrielle et géographique originale qualifiée « *d'îlots de prospérité dans un océan de désindustrialisation* » (Willett, 1990, p. 470). Dès les années 1970, seulement trois régions (*South East, South West* et *North West*) regroupent deux tiers des dépenses militaires totales, une part qui monte à trois quarts au milieu des années 1980 (le *South East* comptant à lui seul pour la moitié des dépenses totales) (Lovering & Boddy 1988, p.44). En 1980, le *South West* concentre à lui seul 15 % des dépenses d'équipements militaires (Pite, 1980), une part qui atteint 19 % en 1990 (Braddon & Dowdall, 1996, p. 48-49).

La concentration des activités de R&D militaires dans le sud du Royaume-Uni est très marquée à la fin des années 1980 (P. Wells, 1987). Dès les années 1970, le *South East* rassemble près de 48 % des établissements de R&D, contrastant fortement avec des régions périphériques comme l'Irlande du Nord, l'Ecosse ou Pays de Galles (Buswell & Lewis, 1970). Dans les années 1980, les principaux centres de recherche militaires sont localisés dans le *South West* avec une polarisation sur Londres et un axe de développement secondaire allant de Birmingham à Bristol (Wells 1987). Globalement, les auteurs notent dans les années 1980-1990 une forte concentration des activités industrielles de défense dans le sud du pays et notamment autour de Londres et de Bristol (Short 1981; Boddy 1988; Bishop & Wiseman 1999).

C'est en effet dans cette région que se concentrent un grand nombre d'industries de haute technologie militaire (électronique, informatique, aéronautique). Cette polarisation est renforcée en raison du rôle directionnel de Londres et la présence des sièges sociaux des grandes firmes d'armement, des sièges des partis politiques et des quartiers généraux militaires. Dans cette structuration géographique, le « corridor M4 » joue un rôle important pour la liaison Londres/Bristol. Avec cet axe de communication, il devient alors possible pour des firmes spécialisées dans la défense d'échapper aux contraintes de Londres, tout en restant à proximité de la capitale[58].

Au final, au Royaume-Uni, la littérature montre l'implantation de pôles régionaux intégrés autour d'activités de défenses spécifiques, souvent autour d'un ou de plusieurs établissements (parfois maison mère) appartenant à un grand groupe de défense. Des

[58] "*It became possible for companies to relocate their London offices to Bristol to escape the rising cost of premises and the increasing shortages and militancy of office labour, but remaining within two hours travelling time of the capital. The effective cost of a secretary or typist in Bristol, including rent, was under half of that an equivalent worker in London*" (Lovering 1985, p.92).

tendances centripètes consolident ces « *pôles régionaux militaro-industriels* » (Boddy & Lovering 1986; Lovering & Boddy 1988). La géographie des dépenses militaires britanniques aurait divisé le Royaume-Uni en deux avec des dépenses militaires massivement concentrées dans les régions du sud-est et le sud-ouest, régions déjà les plus prospères du pays. Cette situation aurait été amplifiée avec le développement des nouvelles technologies de l'information et de la communication, dès la fin des années 1980 et surtout dans les années 1990 (Lovering *in* Breheny (1988, p. 29)).

On constate donc que les activités sont géographiquement réparties de manière inégale selon les époques et les pays. Les activités de défense structurent la géographie à plusieurs niveaux. Au niveau micro-spatial (*e.g.* structuration des villes) et au niveau macro-spatial (*e.g.* apparition de pôles régionaux structurés par les dépenses militaires au sein des espaces nationaux). Cette dynamique de structuration est évolutive et dépend de nombreux facteurs. La technologie et l'histoire y jouent un rôle fondamental. La répartition inégale des activités de défense entraîne logiquement des effets plus ou moins importants sur les économies locales. Les activités de défense structurent alors les économies.

2.2 Des activités de défense qui structurent l'économie

Si les activités de défense structurent l'espace géographique, elles exercent aussi une influence notable sur l'économie. Les travaux consultés montrent que les activités de défense structurent l'économie notamment sur le plan des revenus et de la qualification de la main d'œuvre, et ce à différentes échelles (micro-spatiale, régionale, macro-spatiale). Les économistes régionaux ont très fréquemment étudiés cette structuration sous l'angle de la « dépendance économique » des territoires aux activités de défense.

a) La problématique de la dépendance

Beaucoup de travaux monographiques se présentent sous la forme d'études localisées analysant les effets des activités de défense sur les économies régionales. Les auteurs mettent fréquemment en avant, pour les territoires concernés, une forme d'ambivalence économique entre avantages et inconvénients. Cette ambivalence très particulière est liée à la nature même des activités de défense.

D'un côté, la concentration des activités liées à la défense a contribué à structurer les économies régionales avec un certain nombre d'effets positifs (*e.g.* démographie, services

publics). Mais d'un autre côté, elle a souvent eu pour corollaire des effets négatifs (*e.g.* dépendance économique aux dépenses militaires, mono-activité de l'économie locale). Les effets à long terme sur les économies locales peuvent être conséquents et il arrive que « *la défense conditionne la vie économique de nombreux bassins d'emploi, à tel point qu'elle devient parfois facteur de fragilisation* » (Bonnelle & Rochereau, 1995, p. 4). La dépendance se retrouve dans toute la chaîne d'offre et en particulier pour les territoires concernés par des productions d'armement (*e.g.* usines d'armement, chantiers navals).

Les résultats de travaux américains entrepris dans les années 1980 montrent que près de 50 % de la valeur des contrats de défense sont sous-traités (Hagey & Malecki, 1986). La sous-traitance est parfois très localisée comme l'étude de cas conduite par Jenner et Wells (1990) l'explique, mettant en évidence que 20 % des fournisseurs de Westland (Yeovil) sont localisés dans un périmètre inférieur à 80 km (348 fournisseurs sur 1 452) (Jenner & Wells, 1990). L'importance de la chaîne d'offre locale est également illustrée à travers des études de cas portant sur des « ville-arsenal » comme les chantiers de Barrow-and-Furness (*Vickers*), de Plymouth au Royaume-Uni (Grimes *in* Bateman et Riley (1987, p. 141-170)), de Mare Island en Californie aux États-Unis (Schneider et Patton *in* Breheny (1988, p. 171) ou encore de Brest en France (Boncoeur *et al.* 1995).

La polarisation géographique des crédits de défense peut générer des « effets boule de neige », ce qui peut renforcer la dépendance. Dans les années 1980, des travaux ont en effet mis en évidence que les sous-traitants majeurs de projets de défense avaient tendance à s'implanter dans les mêmes régions que les principaux donneurs d'ordres de l'industrie (Breheny, 1988, p. 171). Au Royaume-Uni, Lovering (1991b) explique que la concentration des dépenses militaires sur un petit nombre de grands groupes industriels et de sites oriente la géographie des activités militaires. « *Les grands groupes jouent par leurs effectifs et (...) leurs tissus de PME sous-traitantes un rôle essentiel dans la géographie militaire (...). Le complexe militaro-industriel par son poids, son influence et sa dynamique, est un agent central de la recomposition d'ensemble des équilibres territoriaux des Iles britanniques* » (Carroué, 1993, p. 158).

Enfin la dépendance peut avoir des conséquences en termes de politiques publiques. Pour Bélanger par exemple, la concentration des dépenses militaires au Québec serait inefficace en termes de développement régional. « *Au-delà de la spécialisation qui fragilise les économies régionales, il y a également un risque de renforcement de financement dans les*

budgets aux industries d'armement, au détriment des budgets de lutte contre les disparités régionales » (Bélanger 1990).

En conclusion, les auteurs insistent sur l'importance des études permettant d'estimer cette dépendance régionale aux activités de défense. "*The first step must be an "audit of vulnerability*" (Wells, 1990, p. 152). La connaissance de la dépendance des économies régionales aux activités de défense peut permettre de mieux gérer le changement (*e.g.* réduction des crédits régionaux de défense, départ d'activités militaires d'une région) D'un point de vue empirique, la dépendance est souvent estimée par la part du revenu d'une région ou la part de l'emploi dépendant des activités de défense.

b) La dépendance : l'influence des activités de défense sur l'emploi et les revenus

i) États-Unis

Aux États-Unis, dans les années 1980, plus de cinq millions de salariés vivent des activités de défense, ce qui représente 5 % de l'emploi total du pays (Reppy *in* Ball et Leitenberg (1983, p. 21-22)). L'impact des dépenses militaires est parfois très marqué dans certaines régions. Ainsi, au sortir de la guerre du Vietnam, le secteur militaire représentait plus de 15 % du revenu total de l'État de Virginie, près de 13 % de celui du Tennessee et plus d'un actif sur six de l'industrie de Géorgie était directement dépendant des commandes militaires (Soppelsa, 1980, p. 162). Sur le plan géographique, à la fin des années 1980, près 60 % de l'industrie de défense américaine est localisée dans dix villes seulement. Cette concentration s'observe ensuite dans des secteurs particuliers (*e.g.* aérospatiale, industrie navale, aéronautique).

Les monographies localisées approfondissent l'étude de l'impact économique des activités de défense sur l'emploi et le revenu des économies régionales.

Schneider et Patton (1988) montrent que le chantier naval de Mare Island de Vallejo en Californie est le premier employeur régional (35 % des salariés de la ville et 13 % des emplois du *County)*[59]. Au cours de son histoire, le territoire a particulièrement bénéficié des retombées économiques du chantier, mais au prix d'une certaine dépendance. Selon les

[59] "*The shipyard's influence has been evident in all spheres of economic life, especially occupational structure and income levels, as well as in the racial and cultural composition of resident population*" *(*Schneider et Patton, "Urban and Regional Effects of Military Spending: A Case Study of California, and Mare Island Shipyard" *in* Breheny (1988, p. 171)).

auteurs le manque de diversification du territoire aurait fragilisé l'économie locale[60], ce qui aurait inhibé la croissance en favorisant le développement du commerce de détail et de service au détriment du secteur manufacturier. La part de l'emploi dans le commerce de détail y est alors deux tiers supérieure à celle de la Californie et le revenu moyen issu du commerce de détail y est 83 % plus élevé que dans le reste du *County*. Cette fragilisation est entretenue par un lobbyisme local « pro chantier naval ».

Dans la localité d'El Paso au Texas, Schauer (2002) estime que la base de *Fort Bliss* représente près de 17 % du commerce de détail et de gros confondus et que 11 % du revenu régional y est directement ou indirectement attribuable.

Au nouveau Mexique, Soden *et al.* (2005) considèrent que les principales bases militaires de la région de *Paso del Norte* sont « *la colonne vertébrale* » de l'économie régionale.

ii) Canada

Au Canada la base militaire aérienne de Gimli (Manitoba) génère 193 emplois civils directs et 63 emplois indirects et induits (pour une communauté de 1 000 habitants) et dépense près de 2,8 millions de dollars annuellement dans l'économie locale (Mac Millan et Framinghan, (1975) cités par Todd (1980, p. 117)). Dufour (1990) considère que la base militaire de *Bagotville* au Canada de *Goose Bay* constitue l'un des quatre premiers moteurs économiques de la région. Il estime les dépenses directes annuelles de l'ordre de 75 millions de dollars avec des retombées régionales indirectes estimées à près de 150 millions de dollars.

Au Québec tout particulièrement, la dépendance régionale aux dépenses militaires est forte au début des années 1990. Belanger (1993) identifie près de 800 entreprises québécoises traitant avec le ministère de la Défense sur la période 1988-1993. À la fin des années 2000, cette forte concentration des dépenses militaires est toujours d'actualité. À elle seule la région métropolitaine de Montréal est à la source de deux tiers de l'activité économique provinciale du ministère de la défense nationale (Belanger *et al.* 2011).

En Europe, cette question de la dépendance préoccupe également les décideurs publics. Au début des années 1990, la commission européenne construit des indicateurs de dépendance de l'emploi régional aux activités de défense (European Commission 1992).

[60] Au début des années 1980, sur un total de 123 entreprises sous-traitantes, 13 entreprises locales rassemblent près de 15 % du montant total des contrats.

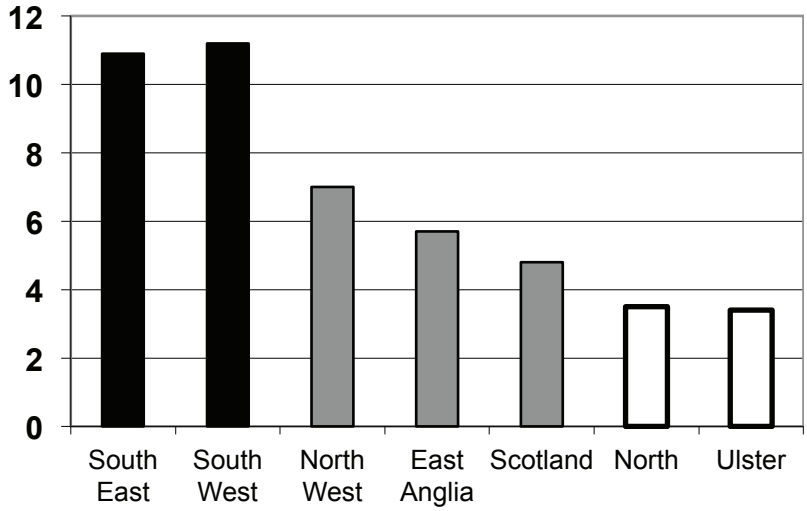
L'étude de la commission montre notamment que 19 régions européennes en Europe sont très dépendantes des industries de défense.

iii) Royaume-Uni

Au Royaume-Uni, à l'échelle nationale, les dépenses de défense ont un impact considérable sur l'emploi et sa structure. À la fin des années 1970, Pite (1980) estime que dans tout le Royaume-Uni les contrats de défense génèrent près de 219 000 emplois directs, près de 270 000 emplois indirects et environ 69 000 emplois dans les exportations d'armement. A la fin des années 1980, près de 500 000 emplois (directs et indirects) sont générés par les dépenses militaires, auxquels il faut rajouter près de 110 000 emplois liés aux exportations d'armement (Boddy 1988). À la fin des années 1980, près des trois cinquièmes des emplois générés par les dépenses militaires étaient des emplois industriels (Kaldor *et al.* 1986). À cette période, plus de 60 % des dépenses militaires du Royaume-Uni sont affectées à l'industrie et majoritairement dans l'électronique et l'aéronautique (Todd, 1980, p. 118). D'autre part, on estime que près de 50 % de la population active dans l'industrie aéronautique dépend des dépenses militaires et qu'en valeur, les contrats militaires pèsent 45 % du produit du secteur aérospatial et 20 % du secteur électronique (Boddy & Lovering, 1986).

À l'échelle régionale, pour les régions considérées comme dépendantes des activités de défense, la part des emplois de défense dans l'emploi total est beaucoup plus importante par rapport à leur poids dans la population totale du pays (Law, 1983). Dans les années 1980, deux tiers des emplois des industries de défense du Royaume-Uni sont localisés dans trois régions (sur onze) (Paukert & Richards, 1991). Globalement, les travaux universitaires publiés dans les années 1980-1990 mettent en évidence une corrélation forte et positive entre les plus importantes concentrations géographiques de dépenses militaires et l'emploi industriel régional (Dunne & Smith 1984).

Figure 6 Emploi industriel de défense (% de l'emploi industriel régional en 1985)



Source : Carroué (1993, p.161)

Par exemple, au début des années 1990, la région du *South West*, dont les dépenses militaires par habitant pèsent 8,1 % du PIB régional (Bishop & Gripaios, 1993, p. 43), rassemble à elle seule près de 155 000 emplois dépendant directement ou indirectement des activités de défense (Braddon, Kendry, Dowdall, & Cullen, 1991).

Dans le *South West*, cette dépendance varie ensuite selon les échelles géographiques. Les retombées vont majoritairement à la région de Bristol. En 1990, 9 % de la population active de la région de Bristol est employée dans des productions dépendantes des commandes militaires (Braddon & Dowdall 1996). Dans l'Avon/Gloucesteshire/Wiltshire, une étude de 1992 montre que 15 % des emplois industriels dépendent des industries de défense (European Commission 1992). À la même période, dans le Devon Cornwall, le « complexe militaro industriel » génère 5 % du revenu régional (Bishop & Megiks 1996) et 9 % de la population active de cette zone dépend des activités de défense (Bishop 1992). La dépendance en termes d'emploi est parfois plus importante. Ainsi, dans la région de Plymouth, les activités de défense sont directement ou indirectement responsables de près d'un emploi sur cinq (Gripaios & Gripaios, 1994). La proportion est parfois plus élevée (*e.g.* jusqu'à 34 % pour la zone d'emploi de Helston) (Bishop & Gripaios 1993).

iv) En France

En France l'étude de la commission européenne identifie la Bretagne, l'Aquitaine et la région PACA comme dépendantes des industries de défense. Pour Penanros et Serfati (2000), l'emploi direct et indirect lié aux industries de défense en Ile de France représentait dans les

années 1990 jusqu'à près de 15 % des emplois industriels (deux fois la moyenne nationale). En province, dans les régions spécialisées dans les productions de défense, la dépendance est d'autant plus marquée que la sous-traitance locale est importante. On peut prendre l'exemple du GIAT dans la Loire qui à la fin des années 1980 confiait près des deux tiers de sa production en sous-traitance locale. A Brest, au début des années 1990, plus d'une centaine de PME et PMI travaillent pour la DCN (Direction des Constructions Navales), premier employeur industriel du Finistère (Bonnelle & Rochereau, 1995). Dans la zone d'emploi de Brest, à cette époque, la dépendance aux activités de défense est estimée à un salarié sur trois.

v) En Italie

En Italie au début des années 1990, une étude de cas porte sur la région de Rome, très spécialisée dans l'électronique (Batistelli *in* Paukert et Richards (1991)). Batistelli (1991) estime que la branche électronique de défense y emploie près de 12 000 personnes (80 % de la main d'œuvre industrielle de la région). En comptant les sous-traitants, la dépendance de la région de Rome aux activités électroniques de défense est estimée à près de 14 000 emplois soit 16 % de la main d'œuvre totale de l'industrie de défense italienne.

vi) Allemagne

En Allemagne, certaines régions sont très dépendantes des activités de défense. Par exemple, en 1990 près de 16 % des emplois industriels de la région de Brême sont des emplois dans l'industrie de défense (Elsner, 1995). Les industries de défense sont particulièrement polarisées sur Nuremberg et Munich. Parmi ces industries, on recense entres autres *Messeschmidtt-Bölkow-Blom* (MBB) (aérospatiale) ; *Siemens* (électronique et ingénierie électrique, dont le siège social est implanté à Munich) ; *Krauss-Maffei* (production de véhicule blindés) et *Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft* (IABG) (R&D militaire) (Kunzman *in* (1988, p. 49-66). Au début des années 1990, dans la région de Munich, près de 80 % des PME de l'électronique travaillent pour *Siemens* et environ 30 % pour *MBB* (Carroué 1990).

c) La dépendance : l'influence des activités de défense sur la qualification de la main d'œuvre

L'influence des activités de défense s'apprécie aussi au travers d'indicateurs plus qualitatifs comme par exemple la qualification de la main d'œuvre. Dans les industries de

défense notamment, la littérature relève un pourcentage de main d'œuvre hautement scolarisée supérieur à la moyenne des autres industries. Ceci s'explique notamment par le fait que l'industrie de défense a pendant les années d'après-guerre *« canalisé un grand nombre de scientifiques, ingénieur-e-s et ouvriers et ouvrières spécialisé-e-s* » (Ferembach, 1994, p. 16).

i) États-Unis

Aux États-Unis, Markusen met en évidence une zone géographique de croissance des emplois intenses en haute technologie et liés à la défense s'étendant du Sud de Boston (notamment Worcester) à travers le Connecticut, Long Island, Huntsville, Alabama et Melbourne, la Floride, en passant par les États du Golfe jusque Dallas et Houston et s'étendant sur des zones précises près de grandes métropoles de la côte ouest. Ce qui caractérise ce mouvement, c'est un glissement des fonctions pépinières d'entreprises des anciens centres industriels, principalement sur la côte est dans « *l'ancien modèle* » vers de nouveaux centres industriels dans le modèle « *Gun Belt* » (dont les centres industriels de la côte ouest)[61]. La concentration géographique semble s'amplifier avec l'importance que vont progressivement prendre les technologies de la communication et de l'information (TIC) dans les politiques de défense.

ii) Canada et Québec

Au Québec, au début des années 1990, dans les régions les plus dépendantes des commandes d'armement, près de 70 % des activités de R&D sont rattachées à la production d'armement (Bélanger 1990).

iii) Royaume-Uni

Au Royaume-Uni, Lovering (1991b) montre que les activités de défense drainent une main d'œuvre très qualifiée et très spécialisée, en particulier dans la R&D et les hautes technologies[62]. Dans la seconde moitié des années 1980, la part des ingénieurs et scientifiques britanniques travaillant dans la défense a été estimée entre un quart et un tiers (Weston & Gummet, 1987). Le nombre d'ingénieurs, de scientifiques et de techniciens salariés dans les industries de défense double quasiment entre 1978 et 1989 (Lovering, 1991a). En 1990, dans

---

[61] "*The evidence seems compelling that the seedbed function has indeed slipped away from the older established industrial centres*" (Markusen *in* Breheny (1988, p. 22)).

[62] "*yet the continuing weakness of civil research and development means that the defense sector still remains at the commanding heights of british High-technology industry*" (Lovering, 1991b, p. 113).

le sud-ouest du pays, les activités de défense rassemblent près de la moitié des ingénieurs et scientifiques de la région[63].

La croissance dans les secteurs des technologies de l'information et de la communication à la fin des années 1980 et dans les années 1990 a de fortes conséquences sur la structure de l'emploi dans les industries de défense. Les auteurs mettent en évidence un « *tournant des hautes technologies* »[64].

Sur Londres par exemple, où au milieu des années 1980 « *la polarisation métropolitaine du complexe-militaro industriel britannique (…) est extrêmement marquée* » (Carroué, 1993), la production industrielle est plutôt orientée vers les hautes technologies militaires (notamment informatique et électronique). Au début des années 1990, près des deux tiers des salariés des services informatiques s'y concentrent. Ces services répondent pour beaucoup à une demande militaire (*e.g.* conception/gestion de bases de données, calcul informatique, conception de logiciel). Dans plusieurs études, Susan Willet montre que la main d'œuvre de la région du « Grand Londres » est très qualifiée, à dominante masculine (ingénierie aérospatiale, génie électrique et électronique) tandis que la main d'œuvre féminine est plutôt employée dans des tâches d'assemblage semi-qualifiées[65].

À Bristol les auteurs notent qu'à partir de la seconde moitié des années 1970, la composition de l'emploi change et les secteurs en croissance sont concentrés autour des services et notamment le tertiaire supérieur privé avec de plus en plus d'activités de recherche et développement. Boddy et Lovering (1986), montrent que dans les années 1970, la part des emplois secondaires dans l'emploi total passe de 36 % à 28 % alors que dans le même temps, la part des services passe de 57 % à 65 %.

iv) Allemagne

On a vu que le sud de l'Allemagne concentre beaucoup d'industries de défense dans les années 1980-1990. Cette polarisation a des effets sur le niveau de qualification de la main d'œuvre. Kunzman (1988) montre par exemple que les entreprises de défense de la région de

---

[63] "*[in the south west] defence related work supports the technology base of the region, accounting for approximately 50 % of the regions professional scientists and engineers*" (Braddon & Dowdall 1996, p.48).

[64] "*Despite a marked increase in the proportion of UK defence spending (…) employment in the defense industry has fallen. This suggests that the defence sector is now characterised by "jobless growth", which reflects its increasing high-technology bias*" (Lovering & Boddy 1988, p.43).

[65] Nous faisons ici référence à un ensemble d'articles traitant du Royaume-Uni et du Grand Londres : Willet, "The impact of defense procurement on the electronic sector: a London case study" *in* Breheny (1988) ; Willet (1990) ; Willet, "Defence employment and the local labour market of Greater London" *in* Paukert and Richards (1991) et Willet, "L'industrie d'armement britannique: localisation et adaptation" *in* De Penanros (1995).

Munich emploient une proportion, supérieure aux moyennes régionale et nationale, de travailleurs très qualifiés, dans la plupart des stades du processus de production (des activités de R&D à l'assemblage). Plus généralement, la région fait partie des régions allemandes où les activités de R&D sont les plus développées. On lui attribue parfois le qualificatif de *Munichon Valley* ("*For the Germans, the Munich region is Munichon Valley*" (Castells & Hall 1994, p.173). À Munich, en Allemagne, au début des années 1990, l'emploi de défense compte pour près de 60 % du total des emplois de l'industrie aérospatiale (Huck *in* Paukert et Richards (1991). Enfin, en Bavière, la part des « emplois scientifiques » atteint jusque 10 % de la main d'œuvre industrielle en 1996 (Sternberg & Tamasi, 1999).

v) France

En France, au début des années 1990, près de 50 % des emplois liés à la R&D sont « *militarisés* » (Morin (1991) cité par Ferembach (1994, p. 16). Ces emplois sont concentrés dans les secteurs de haute technologie comme l'aérospatiale ou l'industrie électronique. À la fin des années 1990, l'Ile de France, abrite notamment plus de 50 % du total des activités de haute technologie de défense dont la production de missiles et d'avions militaires (*e.g.* Dassault, SNECMA, Matra Défense) (De Penanros & Serfati, 2000). Malgré une forte concentration des activités de défense en Ile de France (en particulier dans les secteurs de haute technologie), les auteurs relèvent un degré de diversification important.

vi) Italie

Dans la région de Rome, l'étude de cas de Batistelli (1991) porte sur cinq firmes très dépendantes des commandes militaires (Battistelli *in* Paukert et Richards (1991). Ses résultats mettent en évidence : un taux moyen de féminisation inférieur à la moyenne nationale, une proportion élevée d'universitaires et de titulaires de diplômes des grandes écoles, une proportion importante de travailleurs professionnels et techniques, une proportion importante de main d'œuvre engagée dans la R&D. Pour l'auteur, ces caractéristiques sont semblables à celles relevées dans d'autres études sur les industries de défense en Italie.

Dans un périmètre géographique circonscrit, les monographies analysent à un degré plus fin les effets des activités de défense au niveau régional. Ces dernières structurent l'économie notamment par les revenus distribués et l'emploi, mais aussi le niveau de qualification. Cette structuration peut être positive et dans bon nombre de pays occidentaux, durant les années 1970 et 1980, beaucoup de régions ont bénéficié des retombées

économiques des dépenses de défense en augmentation. Cependant, la structuration peut aussi être négative. Dans certaines régions où les dépenses militaires sont très polarisées, la dépendance a conduit à des économies peu diversifiées. Cette faible diversification est souvent entretenue par des mouvements de lobbyisme régional. La structuration des économies régionales par les activités de défense peut alors engendrer des formes de dépendance et des effets de *lock-in*. La littérature relève l'existence de tels effets lors du déclin des dépenses militaires (*e.g.* après la chute du mur de Berlin (1989) ou la guerre du Golfe (1991)).

2.3 La structuration de l'espace par les activités de défense et l'aménagement du territoire

Les activités de défense structurent l'espace géographique, et si l'on part de l'idée selon laquelle les implantations de défense ne répondent plus qu'aux seuls critères de défense, la réflexion se porte assez naturellement sur leur rôle en tant qu'aménageur et/ou développeur des territoires. Par exemple, pour Boivin (1973), les armées doivent participer à la politique nationale d'aménagement du territoire puisqu'elle ne peuvent plus se désintéresser de l'équilibre économique et social du pays pendant le temps de paix, cet équilibre devenant une condition nécessaire à leur efficacité en temps de guerre. Cette ambivalence fonde les relations entre activité économique des territoires et la défense nationale. La littérature s'est beaucoup intéressée à la manière dont ces activités particulières peuvent être utilisées comme « levier » dans le développement régional. «*Dans quelle mesure les divers services dépendants du ministère de la Défense nationale peuvent-ils contribuer à la mise en valeur rationnelle du territoire ?* » (Phliponneau, 1957).

Si la défense nationale vise à défendre le territoire, d'un autre côté elle mobilise des ressources qui lorsqu'elles sont dépensées peuvent influencer le développement des territoires en jouant un rôle contra-cyclique ou au contraire pro-cyclique. La défense *« peut être rendue très autonome par rapport au reste de l'activité ou au contraire étroitement liée avec elle ; indépendante de la conjoncture économique, elle est un bon instrument de la politique anti-cyclique ; soumise à des contraintes de localisation assez souples, elle peut être insérée dans une politique d'aménagement du territoire. Mais inversement, étant conduite par des motivations extra-économiques (au moins à court terme), ses fluctuations propres peuvent avoir une influence négative sur le reste de l'économie* » (Aben, 1981a). Une telle idée, bien que très discutée aujourd'hui, a historiquement trouvé sa légitimité. En 1995, un rapport de

l'ENA formulait les choses de la façon suivante : *« Visant un objectif d'intérêt général, la politique d'aménagement du territoire a une démarche transversale et a vocation d'influer sur l'ensemble des politiques publiques. À ce titre, l'action de l'État en matière de défense n'y échappe pas, et le ministère de la défense est invité à faire des efforts en la matière* » (Bonnelle & Rochereau, 1995, p. 1).

Dans ce qui suit, on examine l'action volontaire d'aménagement ou de développement exercée par la défense sur un territoire donné. Après avoir identifié les principaux canaux par lesquels les activités de défense influencent le développement d'un territoire, on examine quelques modalités concrètes de cette action d'aménagement/développement. Ces modalités étudiées dans la littérature vont de la politique d'entraînement à la conversion, en passant par la gestion et l'estimation de la restructuration.

a) Les différents impacts sur l'environnement des activités de défense

La défense est une activité ayant de multiples impacts sur son environnement.

* On peut considérer que l'impact est d'abord économique avec la création d'emplois directs, indirects et induits mais aussi de retombées fiscales pour les collectivités. Les emplois indirects résultent des dépenses d'investissement et de fonctionnement entreprises sur les sites de défense. Les emplois induits sont liés aux dépenses de consommations privées des militaires et familles. Ces effets peuvent être quantifiés à l'aide des multiplicateurs d'emplois et de revenus (*cf.* section précédente de ce même chapitre).

* L'impact est ensuite technologique avec des retombées sur les territoires (*spin-off*). Un cas classique est alors celui du constructeur Boeing sur la côte nord-pacifique américaine. Jovanovic (2001, p. 35) explique qu'après la Première Guerre mondiale, l'économie de Seatle était spécialisée dans le travail du bois. Les compétences régionales, redéployées dans la fabrication d'aéroplanes, auraient favorisé la spécialisation régionale dans l'aéronautique avec un soutien manifeste de l'armée. Des retombées civiles ont été observées. Par exemple, Todd (1980) fait remarquer que la conception des Boeing 707 (civils) était très semblable à celle des Boeing KC-735 (militaires). D'autres exemples de retombées technologiques régionales peuvent être cités : la naissance du scooter Vespa de Piaggio (moteur d'avions) dans la région de Pondera en Italie en 1946, le développement du district de Sialkot au Pakistan (spécialisée dans la production d'épées, cette localité développe des compétences en fabrication d'instruments médicaux pour devenir un exportateur mondial pour ce type d'instruments) (Jovanovic, 2001, p. 35-36).

D'autres exemples de retombées peuvent être cités en termes « d'effet signal » (Honing, Lerner, & Raban, 2006) ou d'essaimage d'entreprises. C'est par exemple, à Bristol, hautement spécialisée dans les technologies aéronautiques de défense que Hewlett Packard choisit d'implanter dans les années 1980 son premier centre de R&D en dehors des États-Unis, ou encore que INMOS, société britannique de fabrication de micropuces implante son centre de R&D (Boddy & Lovering, 1986, p. 218). Plus largement, beaucoup de travaux soulignent que les activités de défense ont fortement contribué à l'émergence et à la croissance de territoires reconnus pour leurs capacités d'innovation et de création d'entreprise (Silicon Valley, Los Angeles, Route 128 à Boston). Notons enfin que de nombreux produits, sans retombées régionales précisément identifiées, ont vu le jour avec des supports financier et technique militaires (*e.g.* appertisation pour les besoins de la marine de l'empire sous Bonaparte, techniques d'anesthésie par l'éther dans la seconde moitié du 19ème siècle, chirurgie réparatrice maxillo-faciale après la Grande Guerre, micro-ondes en 1945, le nylon après la Seconde Guerre mondiale, Internet, le minitel, la cryptographie et ses applications, le radar, le GPS, les freins en carbone issus des recherches de la Snecma pour les tuyères des missiles balistiques dans les années 1970) (Cail & Meneux, 2004).

* Les activités de défense ont aussi un impact sur les services publics locaux selon un triple effet. D'abord un effet de levier (1) au sens où un volume important d'activités de défense peut engendrer un volume plus conséquent de service (*e.g* activités postale ou ferroviaire). Ensuite un effet de seuil (2) en contribuant au maintien d'un volume critique pour certaines activités de service public comme par exemple les lignes ferroviaires ou aériennes. Plus largement la défense peut favoriser la dualité d'infrastructures publiques (*e.g.* engins de chantiers, cales de radoubs). Enfin, les activités de défense ont un effet d'initiation (3) en étant parfois à la source d'infrastructures spécifiques qui peuvent avoir des retombées sur l'économie locale (*e.g.* écoles, hôpitaux). Soppelsa (1980, p. 171) montre que la présence des bases militaires implantées sur la Plaine Côtière de Géorgie explique en grande partie l'aménagement d'infrastructures routières et aériennes modernes, mais aussi l'amélioration du réseau hospitalier, des équipements récréatifs et du réseau scolaire et universitaire. En outre, selon les époques, l'armée a parfois joué un rôle de centre d'orientation et de formation professionnelle (*e.g.* rudiments de mécaniques acquis lors du service militaire).

* L'impact des activités de défense peut aussi être socioculturel (*e.g.* implication de la population militaire dans le milieu associatif local), voire symbolique avec des effets de

réputation, qui accompagnent les aspects symboliques de certaines unités ou armes (*e.g*, forces spéciales, activités de dissuasion nucléaire).

* Enfin, les activités de défense ont aussi un impact sur l'environnement naturel à travers des externalités négatives (*e.g.* nuisances liées à l'occupation d'espace, nuisances sonores, pollutions diverses) mais aussi positives (*e.g*. protection de la nature ou la mobilisation de moyens importants en cas de catastrophes naturelles).

b) Le rôle régional des activités de défense : du «saupoudrage » à « l'entraînement »

Concernant le rôle régional des activités de défense la littérature distingue fréquemment deux canaux : le « saupoudrage » (a) et « l'entraînement » (b).

i) La politique de saupoudrage

« *La politique de saupoudrage vise à disséminer sur l'ensemble du territoire diverses installations susceptibles de créer ou de développer la vie locale* » (Brauner, 1963, p. 1584). Dans cette optique assez statique du « saupoudrage », les impératifs politiques et militaires rejoignent alors des considérations économiques afin d'amener les armées à s'installer dans des régions moins développées sur le plan économique. La dispersion géographique d'activités de défense diverses (*e.g.* bases militaires, centres de recherche des armées) s'accompagne du développement de « villes de garnison ». La monographie de la région Centre par Monferrand (1972) illustre ce rôle structurant joué par la défense lorsqu'elle contribue au maintien d'une certaine activité dans des villes de petite taille ou de taille moyenne.

Ainsi, au début des années 1970, « *les responsables militaires ont pris conscience de la nécessité pour les armées de participer à une politique d'aménagement du territoire (….) la plupart des implantations militaires se prêtent relativement bien aux objectifs d'une politique nationale d'aménagement du territoire* » (Gretelly-Bosviel, 1971, p. 1611). Ce point de vue est également partagé par Polèse (1980) lorsqu'il écrit : « *C'est le secteur de la défense (bases militaires, centres de recherche) qui semble offrir le plus grand potentiel de développement régional (…) Si les contraintes géophysiques et stratégiques jouent forcément un rôle majeur, les établissements de défense ne sont par contre soumis à aucune contrainte importante de clientèle, ce qui laisse tout de même une marge de manœuvre considérable au point de vue de leur répartition* ».

En France la distribution géographique des armées est relativement plus dispersée qu'au Royaume-Uni (Aben et Smith *in* Schmidt et Blackaby (1987, p. 384-398). En particulier, on relève une dispersion des forces aériennes stratégiques et des unités de l'armée de terre stationnant à l'est du pays (Gretelly-Bosviel, 1971). Au delà des impératifs stratégiques, il s'agit là du résultat d'une volonté politique des pouvoirs publics français (R. De Penanros & Serfati, 2000). La dispersion favorise et entretient la logique de « saupoudrage ». Certains y voient même « *une solution confortable pour les communes* », garantissant « *un socle de revenus indépendant de la conjoncture* » (Pellegrin, 2010, p. 38).

ii) La politique d'entraînement

Il est possible de dépasser la vision en termes de « saupoudrage », relativement statique, pour une vision en termes « d'entrainement », plus dynamique. La forte participation de certaines dépenses militaires aux grandes variables régionales (*e.g.* investissement public, revenu, R&D) conduit à s'interroger sur un rôle plus prononcé de la défense dans l'aménagement et le développement des territoires. D'un point de vue régional, « *La création d'une usine d'armement nécessitant une abondante main d'œuvre civile est un moyen plus énergique pour entrainer une région que celle d'un camp militaire* » (Brauner, 1963, p. 1585).

L'effet d'entraînement est d'abord susceptible de s'exercer sur les économies régionales les plus déprimées économiquement (Phliponneau, 1957). Todd (1980, p. 120) explique qu'au début des années 1950, les États-Unis ont volontairement mis en place une politique de localisation des contrats de défense orientée vers les régions plutôt déprimées économiquement. Au Canada, dans les années 1950-1960, une politique similaire est observée concernant l'affectation des crédits de l'industrie navale militaire. Rosenbluth (1967) montre notamment que l'industrie navale militaire est un instrument de politique contracyclique dans les provinces atlantiques et au Québec.

Des effets structurels conséquents peuvent être observés sur les économies régionales. La compréhension des mécanismes qui s'exercent au niveau régional peut alors nécessiter une analyse fine dans laquelle la monographie est à son avantage. Aux États-Unis par exemple, l'implantation de la base militaire de Pease Air Force dans le New Hampshire à la fin des années 1950 aurait entrainé une augmentation de la population locale de près de 20 000 habitants et une augmentation des prêts immobiliers de 50 % (Peltier et Pearcy (1966), cité par Todd (1980, p. 117)). En Géorgie, les activités de défense « *contribuèrent (...) à*

hétérogénéiser les données économico-sociales de la Plaine Côtière, voire (…) à renverser l'opposition géographique traditionnelle : intérieur densément peuplé naguère relativement prospère (…) et des « slash pines » littorales, naguère plus déprimées » (Soppelsa, 1980, p. 171).

Hicks et Raney (2003) présentent une étude comparative sur 50 ans de deux *counties*, Saint Mary et Somerset dans le Maryland. Saint Mary voit se développer une base navale alors que Somerset ne possède pas d'activité militaire[66]. Une ville entière a émergé à Saint-Mary et les terrains passent d'un usage agricole à un usage militaire et de logement. Selon les auteurs, l'accroissement des dépenses militaires a été un accélérateur puissant du développement économique de Saint Mary. Sur une longue période, on assiste à une augmentation du revenu moyen dans le *county* de Saint Mary alors que ce n'est pas le cas pour Somerset. À Saint Mary, la structure sectorielle de l'économie s'oriente directement vers une économie post-industrielle, tournée vers les services, sans connaître de phase industrielle. En 1990, Saint Mary compte 3 % de la population active dans le secteur primaire contre plus de 10 % à Somerset. Des effets sociaux et éducatifs sont identifiés comme l'apparition dans le *county* de Saint Mary d'une nouvelle forme d'élite locale, majoritairement blanche et plus qualifiée[67] ou encore une progression plus marquée du niveau d'éducation de la population de Saint Mary, parallèlement à l'élévation du niveau de qualification sur le marché du travail régional.

Au Royaume-Uni également, les auteurs discutent des dépenses de défense comme un instrument explicite de politique régionale dans des régions en difficultés économiques (*e.g.* Ecosse, Pays de Galles, régions du nord). Si ces politiques permettent un certain rééquilibrage économique, leurs effets sont fortement à nuancer selon que les dépenses concernent des implantations de troupes (très mobiles) ou des dépenses d'équipements industrialisantes (de mobilité plus réduite car ces activités sont dépendantes des bassins de main d'œuvre) (Short 1981).

En France, il semblerait que ce rôle « aménageur du territoire » ait été endossé par les pouvoirs publics pour faire des activités de défense un levier de développement économique à travers les retombées technologiques régionales indirectes des programmes d'armement et les

---

[66] "*The experimental treatment is the establishment and operation of a large military base*" (Hicks & Raney, 2003, p. 355)

[67] "*The naval Base triggered the development of another elite in St. Mary's County consisting of naval officers, pilots, engineers, technical workers, and business owners. No such second elite developed in Somerset County*" (Hicks & Raney, 2003, p. 359)

retombées en termes d'emplois dans les régions en difficultés économiques (De Penanros & Serfati 2000). Aben (1981a) appuie cette idée et montre que la défense a effectivement contribué à soutenir l'activité économique dans les régions accusant un certain retard de développement dans les années 1970. Cet effet d'entraînement se serait illustré par l'implantation d'industries nouvelles dans des zones sous-développées (*e.g.* Redon, Bretagne) (Phliponneau, 1957).

Dans le cas français, la tendance à adopter ce « rôle aménageur » aurait alors favorisé la dispersion des activités de défense sur le territoire. Dans les années 1920 et 1930, prenant acte du bilan de la première guerre mondiale, les pouvoirs publics ordonnèrent l'implantation des principales productions industrielles stratégiques (*e.g.* arsenaux, chimie lourde, aéronautique) le plus loin possible de la frontière allemande dans l'ouest et le sud du pays (Brunet, 1994). Gretelly-Bosviel (1971) cite un certain nombre de décentralisation d'activités liées à la défense qui ont « entraîné » le développement de nombreuses villes : Châtellerault, Bourges, Toulon, La Rochelle, Montpellier, Brest, Orléans (Gretelly-Bosviel, 1971, p. 1611). Dans ce jeu à somme positive entre les territoires et la défense, la décentralisation de certaines activités de défense aurait permis de faire coïncider impératifs stratégiques et nécessités économiques.

Dans l'après seconde Guerre Mondiale, les années 1960 et au-delà, l'effort de décentralisation a plus porté sur les services. On relève alors : la création du Centre de Essai des Landes en 1962, l'implantation à Grenoble et à Cadarache d'importants centres d'études et de recherche du Commissariat à l'Énergie Atomique, l'implantation de l'école des apprentis techniciens de l'armée de terre à Issoire en 1963, la création du CELAR à Bruz, près de Rennes en 1968, l'implantation définitive de l'école de Saint-Cyr à Coëtquidan en 1977, l'Ecole Nationale Supérieure d'Aéronautique à Toulouse en 1968, le transfert de la direction des pensions à la Rochelle. Enfin, on note l'extension ou la création de grandes bases militaires en province dans les années 1960-1970 (*e.g.* camp des Garrigues, camp de Canjuers) (Kintz, 2000, p. 421).

Pour le cas Français, en termes de coïncidence « décentralisation d'activités militaire-développement régional », l'exemple le plus marquant est probablement celui du « grand Sud-Ouest ». On a pu observer « *le long d'un axe Bordeaux-Toulouse, une véritable unité régionale fondée sur les activités militaires et annexes (construction aéronautique et recherche spatiale)* » (Brauner, 1963). Les signes les plus marquants de ce développement sont la diversification du complexe industriel de Saint-Médard près de Bordeaux dans les

années 1950-1960, l'importance grandissante des Landes avec l'implantation de la DGA et l'affirmation progressive de Toulouse et de Bordeaux comme pôles industriels aéronautiques.

À l'inverse, notons que certains auteurs parlent de politiques économiques régionales « déguisées », tendant à favoriser les régions les plus prospères, au détriment de celles moins avancées économiquement (Lovering & Boddy, 1988). Une idée semblable est également évoquée par Polèse (1980). Au Royaume-Uni notamment, certains parlent explicitement de « *discriminatory defence contracting* » (Todd, 1980, p. 119). Par exemple, dans les années 1960 le Royaume-Uni possède un avantage comparatif important en matière d'innovation aéronautique (Miller & Sawers 1968). Pour renforcer cet avantage comparatif, l'industrie aéronautique est subventionnée. Ainsi, à Bristol l'industrie aéronautique est la branche la plus subventionnée de toute la région et se structure autour de grands projets européens (*e.g.* avions Tornado, missiles). Les crédits de défense renforcent ce pôle régional et au milieu des années 1980, la région de Bristol concentre à elle seule trois fois plus d'entreprises exportatrices d'équipements militaires que le Pays de Galles tout entier (Lovering 1985, p.93).

Enfin, toujours dans l'idée de soutien aux régions prospères, lorsque l'ensemble des régions est affecté par des réductions de crédits de défense, Todd (1980, p. 120) montre à travers l'exemple des fermetures de bases aériennes que les régions prospères sont comparativement moins affectées.

Compte tenu de l'action structurante des activités de défense sur la géographie et l'économie des territoires et de la nature exogène des dépenses militaires, les activités de défense ont souvent été considérées comme un instrument de politique économique. Cette action, variable selon les époques, s'exerce par des effets de « saupoudrage » et « d'entraînement ». De telles préoccupations concernant le rôle de la défense, si elles ne sont pas absentes des travaux anglo-saxons sont très marquées dans le contexte français. En France, ce débat autour de la défense comme aménageur du territoire revêt alors un « caractère cyclique » selon les époques et les contextes économiques et géopolitiques. Si la littérature montre une focalisation évidente des travaux français sur ce rôle « d'aménageur du territoire », on assiste aujourd'hui à une véritable « bifurcation ». Cette dernière ressort tout particulièrement dans les propos du Délégué aux Restructurations de Défense pour qui « *la nouvelle carte militaire fait apparaître de véritables déserts militaires sans possibilités de compensation en matière d'aménagement du territoire comme jadis* » (Pellegrin, 2010, p. 38),

ou encore dans ceux de l'ancien Ministre de la Défense Hervé Morin qui affirmait en 2008 : « *La défense n'a pas vocation à s'occuper de l'aménagement du territoire* ».

c) Les territoires confrontés aux restructurations des activités de défense

Si les activités de défense structurent l'économie et exercent des effets d'entraînement elles entraînent aussi des situations de dépendance. Une dépendance économique trop forte rendra un territoire particulièrement vulnérable aux variations des dépenses militaires. Lorsque ces dernières se réduisent (*e.g.* cas des années 1990), les territoires concernés s'interrogent de fait sur l'impact des restructurations des activités de défense (*e.g.* bases militaires, usines d'armement) et réfléchissent à une démarche de conversion économique. Dans ce qui suit, on présente des travaux monographiques ayant étudié les restructurations des activités de défense. Puis on s'intéresse à la conversion dans une perspective régionale. On montre que la conversion est certes économique, mais elle a aussi d'autres dimensions dont la dimension géographique et urbaine. En effet, en matière de redéveloppement d'activités et d'espaces militaires les enjeux sont « *transdisciplinaires par nature* » (Bagaen, 2006, p. 330).

i) La restructuration des activités de défense et son impact sur l'économie régionale

Les restructurations ont des impacts à plusieurs échelles géographiques et les études de cas sont nombreuses à s'intéresser aux impacts régionaux des restructurations.

Par exemple, aux États-Unis, un important mouvement de réduction des forces militaires débute il y a un demi-siècle. Il s'agit du *BRAC Process* (Collins, 2008, p. 3). Ce processus de réorganisation géographique des bases militaires est dû à l'existence « *d'installations redondantes* » (impératifs économiques) et de « *perte d'importance stratégique* » de certaines bases militaires (impératifs stratégiques) (Warf 1997). L'ampleur des fermetures est considérable. Dans les années 1960, on assiste à la fermeture de plus de 60 bases. À la fin des années 1980, 86 bases supplémentaires ferment et près de 390 bases sont menacées de fermeture au début des années 1990. Parmi l'ensemble des critères déterminants dans le *BRAC Process*[68], l'impact économique sur les collectivités environnantes est examiné.

[68] Les principaux critères étant: l'importance de la base pour le développement opérationnel, la disponibilité des terrains et équipements, pouvoir combiner les occupations existantes et potentielles avec les besoins, le coût de la main d'œuvre impliquée dans la gestion des bases, les coûts potentiels mais aussi les possibilités d'économies (analyse coût avantage), l'impact économique sur les collectivités environnantes est examiné, la capacité des infrastructures communautaires environnantes à supporter les forces armées et le personnel de soutien, l'impact environnemental (BRAC Commission, 2005, p. 2-3).

Aussi la littérature américaine s'inscrit largement dans ce mouvement et plusieurs études de cas portant sur les fermetures des bases militaires peuvent être identifiées dans la littérature.

Soppelsa (1980, p. 171) montre que l'impact économique des fermetures de bases est variable à travers le cas des comtés la Plaine Côtière de Georgie. Suite à la fermeture de deux bases en 1972 le revenu moyen du *county* de Glynn diminue de 36 %, celui de Richmond de 27 % et celui du *county* de Chatham de 32 % (en dollars constants sur la période 1968-1972). Par ailleurs, en 1970-1971, 13 % des établissements industriels et 16 % des entreprises commerciales de trois *counties* étudiés sont déclarés en faillite.

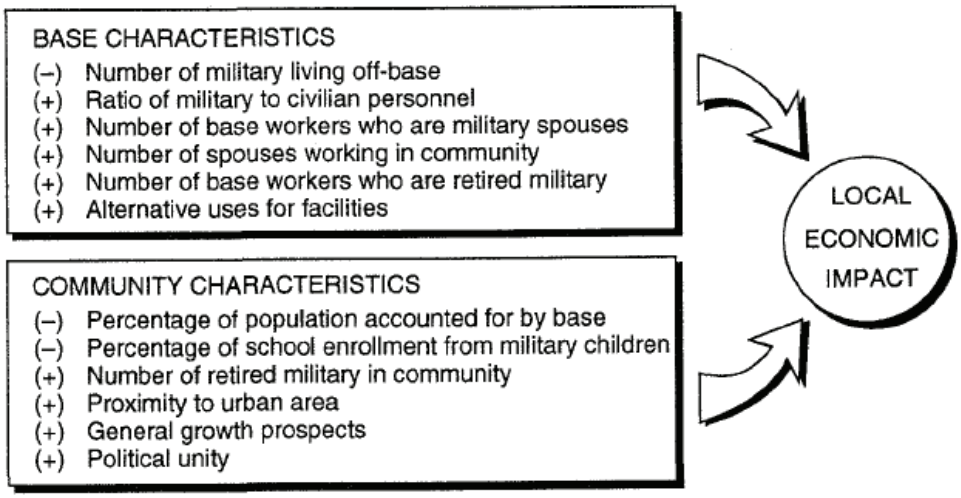
Dardia *et al*. (1996) s'intéressent à la vulnérabilité des territoires à l'égard des bases militaires. Pour ces auteurs, plus la part de l'emploi total ou de la population locale expliquée par la présence d'une base militaire est grande, plus la localité dans laquelle s'insère la base ressentira les effets de la fermeture d'une base militaire (contraction de la demande émanant de la base ou diminution de la dépense globale des ménages employés par la base). Selon ces auteurs, afin de mesurer le degré de vulnérabilité d'un territoire, il convient :

- de connaître avec exactitude la propension à dépenser localement de la base ;
- d'examiner le nombre d'enfants du personnel de la base inscrits dans les écoles locales ;
- d'estimer la présence des retraités de l'armée et plus précisément leur localisation et leur part dans la population locale[69] ;
- d'apprécier la situation économique locale (conjoncturelle et structurelle). Conjoncturelle parce que les travailleurs mis au chômage du fait de la fermeture d'une base militaire se retrouveront plus facilement absorbés par une économie en croissance que par une économie en récession. Structurelle car d'autres facteurs plus ancrés dans l'histoire des territoires peuvent influencer les capacités potentielles de résilience d'un territoire.

La démarche analytique de Dardia *et al.* (1996) est résumée par le schéma suivant :

[69] Aux États-Unis, les retraités de la défense consomment une partie de leur revenu en soins et services hospitaliers dispensés par la base. Cette fraction de leur revenu consiste en un manque à gagner pour l'économie locale et est susceptible d'influencer positivement la demande locale suite à un éventuel retrait d'une base militaire.

Figure 7 Mise en relation des caractéristiques d'une base militaire et d'un territoire



Source : Dardia *et al.* (1996, p. 10)

Les travaux de Dardia *et al.* (1996) montrent que les effets de la fermeture des bases sur l'économie locale sont loin d'être aussi importants que le craignaient d'autres travaux antérieurs[70]. Ceci tiendrait aux faibles degrés d'intégration de certaines bases militaires dans les économies locales. Dans l'ensemble les effets négatifs seraient souvent surestimés, très localisés et plutôt ressentis à des niveaux individuels que par la communauté dans son ensemble.

Mais ceci est une tendance et des différences sont par exemple notées entre les deux bases aériennes (*George AFB* et *Castle AFN*) et *Ford Ord* (7ème division d'infanterie). Alors que la fermeture des deux premières n'a eu que peu d'impact sur l'économie locale, celle de *Ford Ord* a davantage affectée l'économie locale. Cette étude relative à l'impact de la fermeture des bases corrobore les résultats des études, à la portée plus généralisante (Hooker & Knetter, 2001; Krizan, 1998; Poppert & Herzog, 2003; Rowley & Stenberg, 1993). Au final, il semblerait que les effets dépendent beaucoup du niveau de diversification de l'économie régionale, mais aussi d'autres facteurs comme le taux de pauvreté ou les alternatives économiques existantes (Soden, 2005). Ces caractéristiques influencent alors le niveau de résilience des territoires affectés par les restructurations des activités de défense.

Au Royaume-Uni, la baisse des dépenses militaires s'est accompagnée de restructurations importantes pour les territoires concernés. Ces restructurations ont des

[70] "*One finding that is clear across bases and communities, is that the actual effect of base closure appear substantially more benign than those projected in the local impact studies that were done prior to the closures. The seeming unreliability of the projections may stem from what appear to be excessive economic multipliers in the economic models used for the forecasts*" (Dardia *et al* 1996, p.44).

conséquences économiques et sociales, importantes (Barker, Dunne, & Smith, 1991), mais inégales sur le plan spatial (Lovering, 1991a). Se pose alors la question de la nécessité d'une mise en place de stratégies territoriales de diversification, voire de conversion pour les territoires les plus dépendants aux activités de défense. Plusieurs études de cas portant sur ces questions sont relevées dans la littérature (*e.g.* Lovering (1989), Quigley (1991), Feloy *et al.* (1992), Finch (1993), Finch (1994)).

Récemment en France, des études de cas ont été entreprises pour examiner l'impact des restructurations militaires à la suite des réformes des années 2000. Des monographies portent sur la Région Lorraine et en particulier l'agglomération de Metz (où les restructurations concernent une douzaine de sites entre 2008 à 2015) (Kubiak & Serre, 2010a). Les enjeux sont conséquents en 2006, les 8 000 ressortissants du Ministère de la Défense représentaient 6 % de la population active de la ville (Ginet, 2011). Après la vague de réorganisation, l'agglomération n'accueillera plus que 4 000 ressortissants, ce qui entrainera le départ de 12 000 personnes, avec un impact sur l'économie locale, le foncier, les logements, les écoles par la fermeture de classes, le tissu associatif. À Dieuze, le départ du 13ème RDP en 2011 (930 militaires et civils) aura pour conséquences la disparition du quart de la population de Dieuze et une baisse de 10 % des élèves scolarisés dans la commune (Kubiak & Serre 2009).

ii) La conversion économique des activités de défense sur un territoire

La conversion économique des territoires occupe une place importante dans la littérature en économie régionale. La conversion est définie comme une « *nouvelle allocation de ressources du secteur militaire vers des utilisations civiles (...) elle implique un changement général des priorité politiques, technologiques et idéologiques*» (Fontanel, 1994, p. 6). Par « conversion », Gansler (1995, p. 70-71) englobe l'ensemble des initiatives qui comprennent un changement dans l'économie d'un territoire où l'employeur principal était une industrie de défense (ou un établissement de défense) ou la restructuration d'une entreprise uniquement orientée vers des marchés militaires.

En France, la conversion a un impact important sur l'emploi industriel du secteur de la défense (Hébert 1994). Des travaux français ont étudié la question de la conversion des industries de défense dans les années 1990 ainsi que le rôle de l'État et des territoires dans cette conversion. En particulier, cette question a donné lieu à des études régionales comme celles sur la Bretagne et sur la région Brestoise.

Au début des années 2000, l'industrie de défense bretonne est particulièrement concentrée à Brest où elle emploie près de 11 200 salariés (De Penanros & Serfati, 2000). L'économie locale est alors en situation délicate vis-à-vis des coupures budgétaires liées à la défense. Un des enjeux de l'époque réside dans la diversification/reconversion des activités de défense. De Penanros (1997) identifie quatre freins majeurs à la reconversion du secteur militaire à Brest et en Bretagne. Il évoque tout d'abord des freins politiques et exogènes au territoire avec une « *présence obsédante de la DGA* ». Ensuite viennent les résistances des grands groupes industriels aux initiatives de diversification impulsées au sein de leurs établissements locaux. Ainsi, Thomson CSF (actuel Thalès), malgré une diversification anoncée, se recentre finalement sur l'électronique de défense. Ensuite, viennent des freins locaux, plus « endogènes » comme l'absence de projets ambitieux au niveau de la ville. De tels projets pourraient être favorisés par la rétrocession de terrains devenus inutiles pour l'armée. Enfin, le principal obstacle réside dans un réel déficit de vocation entrepreneuriale.

Le Nouail et Sauvin (1996) insistent sur l'importance du rôle joué par les institutions locales dans la capacité d'un territoire à mettre en place un processus de conversion. Dans l'analyse des auteurs, le territoire comme construit social jouerait un rôle clé dans le processus de reconversion économique en favorisant les externalités technologiques entre acteurs du Système Productif Local (SPL) de l'industrie navale, en réduisant l'incertitude et en favorisant la « confiance entre les acteurs » (Sauvin 1998). Un exemple d'activité de diversification d'un SPL à dominante « industrie militaire » vers une production civile est proposé par Sauvin (2000) à travers l'étude de cas de plates-formes pétrolières off-shore produites par la DCN (Direction des Constructions Navales) de Brest.

Au Royaume-Uni, dans une étude de cas portant sur Plymouth, Gripaios et Gripaios (1994) montrent que les politiques de conversion des années 1980 ont permis d'attirer quelques grandes firmes de la triade. Cependant, les nouvelles activités se créent dans des secteurs vulnérables aux changements technologiques et aux délocalisations d'activités (*e.g.* électronique) et apparaissent très souvent connectées aux activités de défense (cas de Sperry Gyroscope, centre de R&D de British Aerospace spécialisé dans le guidage de missiles)[71].

La littérature montre que la conversion territoriale est un processus difficile et très contrasté selon les territoires (Frigant & Jullien, 2011; Perani, 2000). Les territoires

[71] "*Unfortunately, the only manufacturer with a significant R&D presence in the city is British Aerospace, which took over Sperry Gyroscope in 1982 and makes missile guidance systems. Yet again, we are back to defence.*" (Gripaios & Gripaios, 1994, p. 35).

dépendants des activités de défense semblent montrer un certain « enfermement économique » dans les activités de défense, et ce en dépit d'initiatives locales pour attirer et développer de nouvelles activités. La gouvernance locale semble être au coeur des processus de restructuration et de conversion (Thanner & Segal, 2008, p. 678).

iii) La conversion géographique et urbaine des activités de défense

L'impact des activités de défense dans l'espace régional se mesure aussi par rapport au poids de ses emprises spatiales (immobilières et foncières). Lorsque les activités de défense occupent une place majeure, la dimension géographique et urbaine a son importance dans le processus de reconversion. Le fait de s'attarder sur cette dimension est d'autant plus justifié que les travaux économétriques laissent entendre un rôle important joué par les sites militaires rétrocédés dans le processus de résilience des territoires. La reconversion des sites militaires et l'usage alternatif qui en est fait peuvent alors constituer un élément majeur du développement local. De nombreuses études de cas examinent cet aspect de la conversion. Ces travaux majoritairement issus de la géographie, de l'aménagement ou de l'urbanisme étudient le rôle joué par les espaces anciennement occupés par la défense sur des territoires particuliers affectés par des restructurations/départs d'unités militaires ou d'industries de défense.

Aux États-Unis, des centaines d'anciennes bases militaires ont été reconverties en terrains à usage commercial ou industriel (Mc Curry, 2003). Sur l'ensemble du pays et rien que dans la décennie 1990, près de 40 000 hectares ont été rétrocédés aux collectivités (et souvent dans des centres villes) (Murphy, 2003, p. 101). En particulier, les sites rétrocédés par l'armée dans le cadre du *BRAC process* sont très nombreux. Fontanel (1994) souligne que ces fermetures n'ont pas eu d'effet dramatique et que les infrastructures ont été réutilisées pour « *l'éducation, les zones industrielles et les services publics (aéroports) (…) mais le processus n'est pas toujours facile car les communautés ne s'entendent pas toujours sur les nouvelles vocations de base* » (Fontanel, 1994, p. 34).

En France la tendance spatiale observée depuis les années 1960-1970 est la réduction du domaine militaire (Gretelly-Bosviel, 1971). Les stocks des biens immobiliers de la défense sont soumis à deux mouvements : pour la défense, ne conserver que ce qui est nécessaire à l'accomplissement de sa mission et pour les collectivités devenir maître d'ouvrage sans obérer les finances publiques. Monferrand (1972) note qu'une demande croissante s'exerce sur les terrains militaires du fait de la croissance urbaine qui oblige les municipalités à examiner tous

les espaces disponibles pour des opérations d'aménagement et notamment la réalisation des grands équipements collectifs.

La cession de biens immobiliers et de foncier appartenant à la défense permet une rationalisation des implantations militaires et offre au secteur civil des possibilités de création d'équipements collectifs par un relâchement de la contrainte spatiale, notamment en milieu urbain. Ces actions se traduisent par des cessions d'immeubles (notamment aux collectivités locales pour la mise en place d'équipements collectifs tels que les routes, les espaces verts) et des participations à la protection de certains sites. *« Les impacts morphologiques et fonctionnels des réaffectations des biens militaires varient considérablement. Il peut s'agir d'opérations ponctuelles de reconversion d'un bâtiment, mais une municipalité peut aussi être tentée de procéder à une vaste opération complexe équivalent à l'aménagement d'un morceau de ville* » (Dubois-Maury, 1998).

Les problèmes qui se posent aux territoires dans cette reconversion des anciens sites de défense sont nombreux, tant d'un point de vue économique qu'urbain :

- Il y a d'abord la question des responsabilités et de la gouvernance des processus de redéveloppement. Cette phase de planification est très importante (Hansen 2004, p.86).
- L'usage militaire des emprises géographiques génère des contraintes physiques et réglementaires spécifiques. Pour redévelopper un ancien site de défense (*e.g.* base militaire, usine d'armement), il est nécessaire de s'assurer que ce dernier ne comporte plus de polluants ou de matières dangereuses (explosifs notamment) afin de permettre l'installation d'activités commerciales ou résidentielles. La dépollution des sites est un enjeu considérable pour des territoires qui ont souvent très peu d'expérience en la matière (Hansen 2004).
- Ceci amène à poser la question du prix foncier des implantations militaires. *« Compte tenu des infrastructures construites sur les terrains, le prix d'une emprise ne se réduit pas au prix foncier. Il est effectivement augmenté des charges foncières et des constructions utiles et diminué des coûts nécessaires au réaménagement du terrain* » (Guelton *in* Aben et Rouzier (2001, p.233). Globalement, la valeur foncière des terrains militaires tend à être supérieure à la moyenne du prix du foncier sur les agglomérations étudiées. Cet effet s'exerce davantage en centre-ville

qu'en périphérie (Guelton 1998). « *La valorisation des emprises est marquée par la centralité* » (Guelton *in* Aben et Rouzier (2001, p.242)).

- Les emprises de la défense s'inscrivent dans un système de développement local (Guelton 2001). Il faut donc trouver des projets pour « remplir » les espaces laissés vacants.

Un certain nombre d'exemples de reconversion géographique et urbaine peuvent être trouvés dans la littérature. Il peut s'agir d'opérations mineures comme la consolidation de services publics locaux, des opérations de logement ou le développement de locaux à usage productif pour le secteur privé (*e.g*. hôtels d'entreprises, pépinières). Mais il peut aussi s'agir d'opérations majeures, produisant des effets en chaîne sur un territoire. La géographe Dubois-Maury (1998) parle alors « *d'émergence de nouveaux biens et services collectifs* » lors de l'aménagement d'anciens sites militaires ou encore de la contribution à la réalisation d'un « projet urbain » fédérateur[72]. Nous en présentons quelques-uns à titre d'illustration sur différents territoires aux États-Unis et en Europe.

En Belgique, Mampaey (1999, p.23) explique que dans la région Flamande, les fonds du programme européen KONVER financent près de 40 % du coût de reconversion de sites militaires des districts de Brugge, Leuven, Turnhout, Tongere et Hasselt. Ces fonds aident à l'amélioration des infrastructures publiques régionales, la dépollution des sites, voire une classification en « réserves naturelles ». Dans la région Wallonne, on observe des initiatives similaires. La région de Bruxelles, également aidée par le programme KONVER, oriente le redéveloppement économique des sites militaires rétrocédés autour de la valorisation du patrimoine architectural, du développement de locaux culturels et associatifs ainsi que de la promotion du petit commerce et de l'artisanat local.

En Finlande, Jauhiainen (1999) étudie le cas de la base de Pohja Brigade (Finlande du Nord). La base ferme à la fin des années 1990. La ville d'Oulu redéveloppe le site et y envisage la création de logements, un centre de communication et un centre de formation pour adulte. La ville de Vaasa, située dans l'Ouest de la Finlande voit également sa base fermer en 1999. Les collectivités locales mettent en place une procédure de consultation basée sur 200 initiatives locales afin de redévelopper le site. Au début de la base, 70 % de la superficie militaire rétrocédée en centre-ville (environ 50 000 mètres carrés) est louée par des

[72] « *Il s'agit alors de restructurer tout un quartier, d'en diversifier les fonctions et de l'intégrer au dynamisme global de l'agglomération* » (Dubois-Maury, 1998, p. 96).

entrepreneurs locaux tandis que d'autres locaux plus périphériques sont redéveloppés sous forme de logements et de locaux commerciaux.

En Allemagne, Bagaen (2006) présente le cas du quartier Vauban à Freiburg. Le quartier a une superficie de 68 hectares et est conçu pour l'accueil de 5 000 personnes, auxquels s'ajoute la création de 600 emplois. Le quartier est conçu selon des nouvelles normes environnementales et sa création a fait l'objet d'un véritable projet urbain collectif (sous forme d'atelier de concertation, de concours d'idées, etc.). Le quartier a d'ailleurs reçu des récompenses nationale et internationale de reconnaissance en tant que « quartier durable exemplaire »[73].

En France beaucoup de villes sont concernées par les restructurations de sites militaires. L'est du pays est particulièrement concerné.

À Metz en Lorraine, des sites anciennement militaires seront réaffectés dans l'agglomération messine (Ginet, 2011). Un quartier fera l'objet d'un projet d'accueil de la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Lorraine, un ancien site de la Direction régionale du Matériel est réinvesti depuis mai 2010 par le Centre d'Appel Interministériel de Metz. Au centre-ville, d'autres bâtiments anciennement occupés par un régiment font l'objet d'une réaffectation avec un projet d'internat, l'installation de CRS et d'une école de formation. Un projet d'écocité (Ecocité128) devrait voir le jour sur l'ancien site militaire de la Base Aérienne 128.

À Dieuze, suite au départ du 13ème RDP en 2011, la commune envisage de récupérer les différentes emprises. En Moselle la commune de Bitche est concernée par la fermeture de la caserne du 57ème RA présent depuis 1977. Là encore, des projets de réhabilitation/réaffectation des emprises et bâtiments anciennement militaires sont envisagés par les collectivités locales. À Nancy le Cercle Mixte sera rétrocédé ainsi qu'une caserne (avec sur cette dernière un projet qui doit permettre à l'Ecole Nationale des Mines, à l'Institut Commercial de Nancy et à l'Ecole Nationale Supérieure d'Art de regrouper leurs activités).

Les territoires ne bénéficient pas tous des mêmes conditions de reconversion et les projets sont très variables. Ainsi, à Commercy (Meuse), l'emprise libérée par le départ du 8ème RA n'offre pas d'infrastructure d'accueil et les perspectives de reconversion se limitent à l'idée de création d'une zone franche, à des mesures fiscales et à des prêts destinés à inciter les entreprises à s'installer (Ginet, 2011).

---

[73] « *Vauban has received national and international recognition as an exemplary sustainable city district* » (Bagaen, 2006, p. 345).

Conclusion de la section 2

Les monographies apportent des informations riches et détaillées sur les territoires et les activités de défense qui y sont présentes. Par opposition aux modèles d'évaluation régionale qui apportent des informations sur la « quantité de relations », les études de cas apportent des informations sur la « qualité de la relation » (*e.g.* relations technologiques, sociales voire politiques). D'une certaine manière, les monographies sont une façon d'intégrer l'espace dans l'analyse économique des activités de défense. Certains concepts « spatialisants », c'est-à-dire examinant comment les activités de défense structurent l'espace, sont en effet introduits dans les monographies. Des travaux montrent par exemple des éléments d'analyse spatiale en termes de maillage territorial et de structuration de l'espace (*cf.* les écrits de Lovering ou de Markusen). Ces quelques travaux ont notamment abordé le problème de la localisation des activités de défense en combinant les échelles microéconomique et macroéconomique. Dans cette perspective, les « monographies territorialisées » sont alors un premier pas vers une spatialisation de l'analyse économique des activités de défense. Cependant les approches monographiques admettent certaines limites.

Ces travaux sont conduits de façon inductive et reposent sur des études de cas. Le caractère idiographique, c'est à dire axé sur le particulier, l'unique, des études régionales marque une limite forte des études de cas. Par définition, une monographie conduit à décrire et à représenter un espace donné plutôt qu'à en faire ressortir les dynamiques sous-jacentes. Les résultats des monographies sont alors difficilement généralisables dans la mesure où ces dernières sont trop contextualisées temporellement et spatialement[74]. Toute généralisation des relations activités de défense-dynamique spatiale, à savoir l'influence des activités de défense sur l'espace mais aussi influence de l'espace sur les activités de défense, est rendue difficile du fait même de la méthodologie employée. Le facteur limitant dans ces approches reste toujours le lieu. Ces travaux demeurent liés au lieu et il en va de même des conclusions qui sont tirées. Ce qui est pertinent pour une région ne le sera pas pour d'autres en raison des structures différentes des économies, de dotations en facteurs de production (naturels ou « créés » comme les infrastructures publiques par exemple), les spécialisations industrielles, les tissus sociaux et leurs capacités d'adaptation ou les valeurs culturelles.

[74] Nous rejoignons alors les conclusions de Braddon: "*Case studies certainly provide a useful Learning exercise about the range of impacts to be expected at the regional level as defense budgets contract but cannot be expected to generate outcomes that are universally relevant*" (Braddon *in* Hartley et Sandler (1995, p.515))

Conclusion du chapitre I

Ce premier chapitre a montré que lorsqu'elle aborde les questions liées à l'espace géographique dans la production de défense, la littérature en économie de la défense se concentre souvent sur deux types d'approches méthodologiques : d'abord des approches plutôt formalisées « évaluatives », ou des approches monographiques, très détaillées et réalisées à des échelles très différentes.

En particulier, l'économie régionale s'est beaucoup focalisée sur les modèles d'évaluation quantitative. Ces méthodes rencontrent des limites sur divers plans : théoriques et surtout méthodologiques. Les limites méthodologiques se font notamment ressentir lorsqu'il s'agit d'appliquer ces méthodes au cas français.

Les approches monographiques, forment un ensemble plus hétérogène et empruntent tantôt à l'économie régionale, tantôt à la géographie, l'aménagement du territoire ou à l'histoire. Ces travaux particulièrement descriptifs apportent des éléments « spatialisants » intéressants (*cf.* notamment les écrits de Markusen ou de Lovering). Cependant, il convient de constater qu'ils sont d'une part idiographiques (donc contextualisés au lieu), et, d'autre part relativement anciens (donc contextualisés à la période étudiée et plus particulièrement les années 1990). Il en découle alors des difficultés pour une éventuelle généralisation d'une dynamique des relations économiques entre activités de défense et territoires.

Un tableau de synthèse des modèles ayant été présentés dans ce chapitre est proposé en annexe (*cf.* annexe 1). Il résume l'intérêt, les limites et les conditions d'utilisation des principaux modèles rencontrés dans la littérature sur le sujet :

Finalement notre revue de la littérature montre que la « spatialisation » des activités de défense, à savoir la prise en compte de l'espace géographique comme élément influençant l'organisation de la production de défense, n'est pas quelque chose de spontanément inscrit dans la littérature. En dehors de quelques études monographiques ponctuelles et souvent très contextualisées, peu d'analyses s'intéressent aux dynamiques géographiques sous-jacentes aux sites de défense. Par « dynamique géographique » on entend ici une prise en compte explicite de l'espace dans les relations entre agents économiques. Ce constat marque une des « frontières de la littérature » sur notre sujet.

Le parallèle avec des auteurs comme Ponsard (1955) ou Thisse (1997) qui traitent d'un « espace oublié » dans la pensée économique est tentant pour orienter la suite de notre réflexion. Le champ de l'économie spatiale nous semble alors être un domaine pertinent pour proposer une ouverture vers des concepts permettant de spatialiser l'économie de la défense. C'est bien là l'enjeu de cette thèse.

Chapitre II
Une défense en transformation : impact sur l'organisation spatiale des armées[75]

[75] Une partie de ce chapitre sert de base à un article accepté pour publication dans la *Revue d'Economie Régionale et Urbaine* (*cf.* Droff et Malizard (2013)). Cet article qui doit paraître au premier trimestre 2014 discute des changements de format des armées depuis 1990 et des conséquences géographiques qui en découlent sur les territoires accueillant des activités de défense.

Nous nous intéressons maintenant à l'évolution contemporaine des armées françaises et à la trajectoire historique dans laquelle elles s'inscrivent. Nous cherchons à répondre aux questions suivantes :

Quelles sont les principales mutations des armées françaises depuis la fin de la guerre froide ?

En France, comment le format des armées a-t-il évolué sur le plan des effectifs et des matériels ?

Quelles tendances spatiales stylisées observe-t-on dans l'organisation de la défense en France ces vingt dernières années ?

Nous cherchons à retracer l'évolution des armées françaises dans une perspective historique. Nous examinons les reconfigurations géopolitiques et l'évolution des missions des armées. Nous verrons d'abord que la France s'est engagée dans de profondes restructurations organisationnelles de son outil de défense. Puis nous nous intéresserons à l'évolution du format des armées – en termes d'effectifs et de matériels – et à ses conséquences spatiales. Les diverses transformations contemporaines de la défense – comme par exemple les ruptures géopolitiques et doctrinales, les budgets fortement contraints ou les ruptures technologiques – amènent à questionner l'organisation spatiale de la production de défense. Non seulement ce chapitre renforce la légitimité contextuelle d'un questionnement sur l'efficacité de l'organisation spatiale de la défense, mais il souligne aussi l'hétérogénéité des enjeux sous-jacents aux transformations de la défense. Nous pensons qu'il permet de mieux appréhender le contexte général dans lequel s'insère notre analyse du MCO des matériels de défense.

En s'appuyant sur la doctrine de défense telle qu'elle est exposée dans les différents Livres blancs[76], la **section 1** présente les grandes tendances dans l'évolution des missions des armées en France. À partir des quatre Livres blancs – qui couvrent une période allant de 1972 à 2013 –, nous présentons succinctement les grandes reconfigurations de l'outil de défense. La

[76] En politique, les Livres blancs sont des recueils d'informations préparés dans le cadre de comités consultatifs rassemblant généralement des élus, des représentants des groupes d'intérêt et des administrations nationales. Dans la défense, une commission s'appuyant sur des groupes de travail est généralement chargée de l'élaboration du Livre blanc. Prennent part à ces groupes de travail les membres de la commission, des représentants des administrations et des forces armées concernés, ainsi que des personnalités reconnues pour leur expertise sur les sujets traités. Les changements de contextes géopolitiques peuvent amener à redéfinir la politique de défense et les missions des armées. Ces redéfinitions sont présentées dans les Livres blancs qui demeurent les outils de référence en matière de doctrine officielle. Il n'y a pas de périodicité préétablie pour la réalisation d'un Livre blanc. En matière de défense, la France a produit quatre Livres blancs : en 1972, 1994, 2008 et 2013. En revanche, les grandes orientations des Livres blancs se concrétisent dans la définition des lois de programmation militaires (LPM), dont la périodicité est connue (généralement cinq ans).

fin de la guerre froide marque la fin d'un équilibre bipolaire dominé par les États-Unis et l'URSS. Le contexte géopolitique qui suit, parfois qualifié de multipolaire, est caractérisé par l'apparition de nouvelles menaces (*e.g.* terrorisme, cyber-menaces) et une incertitude accrue**.** En réponse à ce nouveau contexte les armées s'adaptent et voient leurs missions évoluer. Le passage en revue des différents Livres blancs montre la complexité des missions actuelles de la défense.

La **section 2** s'intéresse à l'évolution du format des armées françaises sous l'angle des budgets, des effectifs et des matériels. Nous montrons que la part du revenu national consacrée à la défense tend à se réduire en tendance longue. En France, si l'on se base sur la LPM 2009-2014, l'effort de défense dans les années à venir serait orienté vers une croissance des dépenses d'équipements, avec en contrepartie des économies réalisées sur les dépenses de fonctionnement. Le conditionnel est ici de mise, eu égard à la faisabilité de cette opération de « vases communicants », notamment en ce qui concerne les économies potentielles ou les coûts non-anticipés (*e.g.* dérives de coûts, financement des Opex). Enfin, nous montrons que les formats des armées se réduisent, tant du point de vue des effectifs que du point de vue des matériels.

La **section 3** propose une analyse des grandes tendances spatiales observées dans la reconfiguration des armées en France. Dans la lignée de ce qui est souvent proposé en économie géographique (*cf.* Combes *et al*. (2006) ou Crozet et Lafourcade (2009)), nous cherchons à mettre en évidence des tendances spatiales stylisées portant sur les activités de défense. Nous combinons une analyse quantitative basée sur la construction d'indices (Hoover-Balassa, Herfindhal et Theil) avec une approche plus qualitative des mouvements géographiques sur la période allant de 1990 à 2010. Cette analyse des mouvements géographiques nous conduit à discuter des enjeux territoriaux des grandes tendances exposées dans le chapitre. Nous construisons alors un cadre d'analyse original mettant en évidence un jeu de forces : D'un côté, les tendances récentes dans l'organisation des armées montrent une logique de rationalisation économique et de concentration géographique et de l'autre, l'inscription géographique de la défense, héritage de plusieurs siècles d'histoire, pèse de tout son poids dans les restructurations. Nous développons l'idée que ce jeu de forces peut être éclairé par le concept de « coût de régression » (Allais, 1951; Lesourne, 1955). La comparaison du « coût technique » du décideur public avec un « coût territorial » vécu par les

territoires apporte un éclairage à ce qui est observé dans les reconfigurations géographiques de la défense.

Section 1 : La redéfinition des fonctions des armées dans un nouveau contexte géopolitique

La défense est un ensemble de moyens économiques, politiques, techniques, organisationnels et humains visant à protéger la population d'un territoire défini. Les orientations prises par une politique de défense sont complexes et évoluent dans le temps. Le but de cette section est de fournir un cadrage contextuel de la politique de défense de la France. Ce rapide cadrage que nous proposons permet de mieux comprendre les reconfigurations des armées et notamment les choix faits quant aux formats des armées. Pour ce faire, nous nous appuyons sur les différents Livres blancs qui présentent l'état de la doctrine officielle et les missions de la défense dans des contextes géopolitiques différents.

Les changements de contextes géopolitiques amènent la France à redéfinir sa politique de défense et les missions des armées. Ces redéfinitions sont présentées dans les Livres blancs. Nous tentons alors une synthèse du contenu des quatre Livres blancs : le Livre blanc de 1972, le Livre blanc de 1994, le Livre blanc de 2008 et le Livre blanc de 2013. Pour chaque Livre blanc, nous présentons le contexte dans lequel s'insère sa conception, les grandes lignes intervenant dans sa rédaction[77] et surtout les moyens mis en œuvre pour répondre aux objectifs fixés.

1.1 Le premier Livre blanc sur la défense (1972)

Du premier mandat du général De Gaulle à la fin des années 1980, la politique de défense de la France répondait à une contrainte endogène : établir l'outil militaire d'un pays moderne (Palmer, 2008, p. 18). Cette période est marquée par une certaine continuité, exprimée dans le Livre blanc de 1972, qui aboutit à la fin des années 1980 à la concrétisation du format stratégique voulu par De Gaulle. Ce format comprenait : une triade nucléaire stratégique (air, terre, mer) ; une triade nucléaire tactique (missile Pluton et bombe aéroportée) et une triade conventionnelle (1 200 blindés appuyés par 200 hélicoptères de force d'action rapide, 500 avions de combat de l'armée de l'air et de l'aéronavale et les deux escadres de la Méditerranée et de l'Atlantique articulées autour de deux porte-avions).

La France entend mener une politique de non-alignement vis-à-vis des Etats-Unis et de l'URSS sans pour autant désigner franchement cette dernière comme l'ennemi, même

[77] Il s'agit ici d'une synthèse des Livres blancs. Pour plus de précisions concernant ces documents – qui rassemblent une quantité considérable d'informations de diverses natures (*e.g.* géopolitique, technologique, économique, démographique, environnementale) – nous invitons le lecteur à s'y référer directement.

potentiel. Ce premier Livre blanc consacre alors le principe de l'autonomie de la défense française, contribuant ainsi à former progressivement un consensus national autour de ce principe (Gautier 2007). Ceci constitue en outre un socle idéologique au développement d'une industrie de défense et d'une base industrielle et technologique de défense indépendantes. Mais, c'est dans le déploiement des moyens de défense que l'on perçoit les véritables objectifs et priorités.

En premier lieu, ce Livre blanc expose pour la première fois la stratégie officielle de la dissuasion nucléaire. « *Nos intérêts vitaux se situent sur notre territoire et dans ses approches ; la stratégie de dissuasion couvre cette zone géographique grâce aux moyens nucléaires et classiques* (…). S*ur lui [le concept de dissuasion]se fondent la défense permanente de notre territoire»* (Livre blanc 1972 Chapitre 1). La dissuasion a trois composantes (air, terre, mer). En 1971, neuf escadrons de Mirage IV munis d'engins balistiques entrent en service et sont dispersés sur neufs bases sur le territoire national. La même année, les missiles nucléaires sont opérationnels depuis le plateau d'Albion (Hauts de Provence) et progressivement, jusqu'à six sous-marins nucléaires lanceurs d'engins (SNLE) seront équipés de missiles balistiques stratégiques à charge nucléaire[78].

En deuxième lieu, le Livre blanc codifie le rôle de la protection territoriale. Les forces terrestres doivent « *faire face à toute attaque de notre sol par infiltration, parachutage ou débarquement, en quelque endroit que ce soit* ». L'armée de terre fournit l'essentiel des forces de cette protection territoriale avec la Gendarmerie. L'armée de l'air et la marine peuvent fournir aux forces terrestres un appui local en fonction des besoins.

En troisième lieu vient la manœuvre potentielle en Europe. Elle met en jeu la Première armée (cinq divisions à trois brigades dont deux articulées sur des véhicules blindés lourds) avec l'appui de la force aérienne tactique (six escadres articulées en 14 escadrons) et éventuellement, celui des forces maritimes. En termes de menace, le Livre blanc laisse deviner la menace soviétique, même si, celle-ci n'est jamais explicitement nommée, en raison du non-alignement. « *Du côté de la terre, il est superflu d'affirmer l'influence déterminante de la situation européenne générale sur notre propre défense et notre propre avenir* » (Livre blanc 1972). L'organisation territoriale de la défense (présentée dans le deuxième tome du

[78] Ces six sous-marins sont Le Redoutable (entré en service en 1971, retiré du service en 1991), Le Terrible (1973-1996), Le Foudroyant (1974-1998), L'Indomptable (1976-2003), Le Tonnant (1980-1999, premier sous-marin équipé de missiles M2) et L'Inflexible (1985-2008, premier sous-marin équipé de missiles M4)

Livre blanc) est plus explicite et montre clairement l'orientation de la majeure partie des forces vers l'est du pays.

En quatrième lieu, les actions possibles hors d'Europe sont mentionnées, en mettant notamment l'accent sur les capacités de transport de l'armée. Ceci préfigure les développements de la composante « projection de forces » qui ne s'affirmera réellement que dans les années 1990.

Enfin, concernant les effectifs militaires, le Livre blanc de 1972 (chapitre 3) justifie le service militaire : *« La valeur que donne le service national est, du point de vue des hommes, irremplaçable ».*

1.2 Le deuxième Livre blanc sur la défense (1994)

Le mur de Berlin tombe en 1989 et le Pacte de Varsovie disparaît en 1991. Suite à ces événements, la menace militaire aux frontières du pays s'estompe. Cette situation se traduit, dans les années 1990, par une lente érosion (amorcée depuis le milieu des années 1980 avec la fin de la crise des euromissiles) de la part du PIB consacrée à une défense, dont la nécessité n'apparaît plus aussi nettement que par le passé. Cependant, le Livre blanc de 1994 souligne la nécessité de maintenir l'effort de défense dans une période marquée par les incertitudes et l'instabilité où la France « *continue et continuera de se trouver confrontée à des menaces (…) mais il s'agit de rapports de forces d'un autre ordre* ».

D'abord, le Livre blanc de 1994 intègre dans la stratégie de défense la fin de l'affrontement Est-Ouest. Cette fin du bipolarisme oblige à repenser la défense et impose une reconfiguration des armées. Dès 1990, la mise en place du « plan Armées 2000 » prévoit une première réorganisation territoriale, une diminution des effectifs de 35 000 hommes en quatre ans, la réduction de la durée du service militaire de 12 à 10 mois (en 1992) et un repli progressif des forces stationnées en Allemagne.

Ensuite la politique de défense de la France évolue. Il ne s'agit plus de se focaliser sur la montée en puissance de l'outil militaire français, mais plutôt de s'interroger sur l'usage que la France va faire de cet outil militaire dans des interventions au-delà de ses frontières. Le Livre blanc tire les leçons des interventions militaires *post* guerre froide *(e.g.* première guerre du Golfe, conflit en Bosnie). Le conflit régional devient progressivement le scénario de base à partir duquel sera dimensionné l'ensemble de l'outil de défense. Le Livre blanc présente alors les principales zones régionales « à risques » en insistant sur la pluralité des « sud » et le niveau d'équipement militaire de nombreuses puissances régionales qui progresse. Il présente

également de nouvelles sources de vulnérabilités contre lesquelles il faut se doter de moyens d'actions (*e.g.* terrorisme, trafic de drogue).

Le Livre blanc de 1994 met la « projection de forces » au cœur de la politique de défense. Cette expression est utilisée pour se rapporter à la capacité d'un État pour conduire une guerre expéditionnaire, *i.e*. pour mettre en application la politique au moyen de forces (avions, blindés, navires, troupes) dans un secteur éloigné de son propre territoire. Elle se traduit par un déploiement et un soutien des forces dans des endroits dispersés et multiples, pour répondre aux crises ponctuelles, pour contribuer à la dissuasion et pour augmenter la stabilité régionale. La capacité de projection de forces est un élément important de la puissance des États dans les relations internationales. Il s'agit d'un élément particulièrement dimensionnant dans l'analyse de la configuration des armées et de leur soutien. En effet, « *cet investissement expéditionnaire modèle de manière non négligeable les décisions d'équipement (avions de transport, chaîne logistique, etc.) ainsi que le cadre d'action* » (Hébert 2007).

C'est donc toute la géopolitique de la France qui est modifiée par le concept de projection de forces. Certaines appellations ou terminologies militaires sont symptomatiques de ce changement dans les politiques militaires. Ainsi le transport aérien militaire (TAM) a laissé en mars 1994 la place à la force aérienne de projection (FAP). « *Dans le contexte de l'après-guerre froide (...) la défense de nos valeurs, de nos idéaux, dans des circonstances nouvelles, dans des lieux éloignés du territoire national, constituera souvent la première ligne de notre sécurité* » (Livre blanc 1994). Dans cette optique, il s'agit de concilier l'affirmation maintenue de l'indépendance des moyens militaires avec la nécessité de les rendre davantage interopérables avec ceux des alliés (Gautier 2007). « *Les forces disponibles projetables de l'armée de terre devront représenter 120 000 à 130 000 hommes* » (Livre blanc 1994). Pour projeter ces forces, la capacité de transport aérien est renforcée et le nombre de Transport de Chalands de Débarquement (TCD) s'accroît.

La dissuasion demeure l'un des fondements de la politique de défense de la France, mais elle reste complémentaire de l'action. Du fait de l'évolution géostratégique, les priorités dans la définition du rôle des armes conventionnelles semblent désormais inversées par rapport à la définition du Livre blanc de 1972 (Hébert *in* Dabezies *et al.* (1998)). En effet, dans la conception de 1972, les moyens militaires conventionnels s'intégraient dans une manœuvre générale associant des forces nucléaires et conventionnelles dans un scénario d'engagement total, sur un théâtre européen. Les capacités conventionnelles étaient d'abord dimensionnées pour constituer le volet non immédiatement nucléaire de la dissuasion, ensuite

seulement pour faire face à la défense des intérêts et des engagements de la France dans le monde. Après 1994, c'est plutôt une tendance inverse que l'on observe.

Sur le plan organisationnel, le Livre blanc de 1994 annonce des réformes importantes. Les principales décisions sont :

- la professionnalisation de l'armée, avec notamment la suppression du service militaire et la diminution des régiments de l'armée de terre (suppression de 4 des 13 divisions organiques et de deux structures de corps d'armée, des régiments nucléaires Pluton et de 21 états-majors territoriaux), ainsi que l'augmentation des forces projetables à l'extérieur du territoire français;

- la poursuite des programmes d'armement majeurs (Rafale, SNLE, Leclerc, Tigre);

- la fermeture du site nucléaire du plateau d'Albion;

- la restructuration des industries de défense.

La participation accrue des civils aux opérations de soutien, notamment logistique, est également mentionnée (Livre blanc 1994, p.92 édition électronique). Ceci préfigure les futures décisions d'externalisation dans le soutien.

Finalement, le Livre blanc de 1994 montre une prise en compte de la complexification croissante des enjeux liés à la défense et du concept même de défense. « *Dans ce contexte, les logiques de défense purement militaires tiendront une place relativement moins grande que dans le passé récent* ». Le concept de défense globale est énoncé et assumé. Celle-ci « *associe à la défense militaire une dimension civile et économique, mais aussi sociale ou culturelle* ». La défense revêt de multiples dimensions en réponse à l'évolution d'une menace que l'on perçoit moins bien et qui devient à la fois complexe et plurielle. Cette évolution dans la définition même de la défense va préfigurer le socle doctrinal du Livre blanc de 2008.

1.3 Le troisième Livre blanc sur la défense et la sécurité nationale (2008)

Le Livre blanc de 2008 se distingue des deux précédents par une appréhension plus globale des questions de sécurité et de défense. L'aspect systémique que prennent de plus en plus les relations internationales tend à donner à des conflits locaux, des enjeux globaux où les pays les plus puissants militairement tendent à jouer un rôle de « *gendarmes du monde* »[79]. Dans ce contexte contemporain, on assiste également à l'émergence de nouveaux types de conflits que Mary Kaldor qualifie de « *new wars*» (Kaldor 1999). Ce qualificatif désigne

[79] Nous reprenons ici le titre du livre d'Ajchenbaum & Caroit (2003).

« *des conflits qui ne sont plus interétatiques, mais souvent infra-étatiques, au sein desquels les distinctions s'émoussent entre populations civiles et combattants, entre groupes privés de mercenaires et soldats « réguliers » (…) Ces « nouvelles guerres » sont à la fois une conséquence et une composante de la mondialisation* » (Serfati, 2001). Certains auteurs parlent d'une « *nouvelle nature de la guerre* », qui deviendrait « *asymétrique, bâtarde, irrégulière* » (Kempf 2010).

Le Livre blanc de 2008 définit une stratégie de défense et de sécurité nationale qui apporte des réponses à *« l'ensemble des risques et menaces susceptibles de porter atteinte à la vie de la Nation* ». Le Livre blanc évoque des « *vulnérabilités nouvelles* » et des « *menaces directes* » en évoquant le terrorisme, les cyber-menaces, l'espionnage, les grands trafics criminels, les nouveaux risques naturels et sanitaires (Livre blanc 2008). Le contexte stratégique est caractérisé par la disparition du risque de conflits directs et l'émergence de conflits dissymétriques (dès lors que les niveaux technologiques des ennemis potentiels sont trop éloignés) et asymétriques (lorsque les ennemis n'adoptent ni les mêmes comportements, ni les mêmes règles de conduites au combat). Le Livre blanc illustre la diversification des risques par plusieurs exemples (*e.g.* l'Europe comme cible potentielle du terrorisme, le risque biologique, la cyber-guerre).

Théoriquement, le Livre blanc de 2008 couvre une période de 12 ans correspondant à trois lois de programmation militaire (LPM) : celle allant de 2009 à 2014, celle allant de 2013 à 2018 et celle allant de 2015 à 2020[80]. Il prévoit initialement 376,6 milliards d'euros (en euros de 2008) de dépenses sur la période allant de 2009 à 2020 (Cour des Comptes 2012, p.16). Le Livre blanc de 2008 prévoit également « *un effort de défense cohérent, avec le double souci d'améliorer sans tarder la disponibilité et la modernisation des équipements les plus utilisés en opérations et de lancer les programmes liés au renseignement et à la préparation de l'avenir* ».

Le Livre blanc de 2008 appréhende de façon globale les intérêts de sécurité de la France sans les limiter exclusivement aux questions de défense. La politique de défense assure alors la sécurité face aux risques d'agression armée, le respect des engagements internationaux en matière de défense, la contribution de la France au maintien de la paix ainsi que la participation à la protection de la population en appui des dispositifs de sécurité intérieure et civile. La politique de sécurité intérieure et la politique de sécurité civile assurent

[80] Le « théoriquement » est ici justifié, dans la mesure où le Livre Blanc de 2013 intervient seulement cinq ans après la sortie du Livre Blanc de 2008.

la protection de la population, le fonctionnement régulier des pouvoirs publics et le maintien de la vie normale du pays en cas de crise.

Le Livre blanc de 2008 repose sur cinq grands « piliers » que sont : la connaissance et l'anticipation, la dissuasion, la prévention, la protection et l'intervention.

Pour la première fois, la fonction d'anticipation est une fonction stratégique à part entière. « *Face aux incertitudes qui pèsent sur les quinze ans à venir, la fonction de connaissance et anticipation vient au premier plan. Le développement de la connaissance et des capacités d'anticipation est notre première ligne de défense. Il doit faire l'objet d'un effort significatif et prioritaire »* (Livre blanc 2008). L'accent est mis sur la transversalité entre les différents ministères puisque l'efficacité de la politique de défense réside non seulement dans la combinaison de capacités de renseignement et de surveillance adaptées, mais aussi de moyens de communication sûrs, dans une coordination interministérielle éprouvée (PAP 2009, p.119).

Dans ce nouveau contexte, si par certains côtés il est possible d'observer une inversion dans les priorités entre le nucléaire et les armes conventionnelles, la dissuasion nucléaire demeure « *un fondement essentiel de la stratégie nationale* ». La dissuasion reste confortée dans ses principes, mais la LPM 2009-2014 prévoit tout de même de réduire d'un tiers le nombre d'armes nucléaires. À l'horizon 2020, la dissuasion reposera sur une double composante océanique et aérienne.

La projection de force continue de s'affirmer comme un pilier de la politique de défense[81]. Elle doit se réaliser sur des « axes géographiques prioritaires »[82]. Le Livre blanc de 2008 définit alors une stratégie orientée, d'une part, autour d'un axe géographique privilégié qui va de l'Atlantique à l'Océan indien et, d'autre part, vers des zones d'intérêt pour la sécurité nationale, comme la façade occidentale de l'Afrique ou la région Antilles-Guyane. Cette capacité de projection des armées est dimensionnée dans le Livre blanc de 2008 et mise en application dans les Lois de programmation militaire (LPM). De plus, l'engagement quasi continu de la France dans des opérations extérieures oriente le format et les matériels en conséquent.

---

[81] « *L'intervention, particulièrement à l'extérieur du territoire national, demeurera un mode d'action essentiel de nos forces armées. La capacité d'intervention doit permettre de garantir nos intérêts stratégiques et d'assumer nos responsabilités internationales. Il convient d'en prévoir la possibilité sur tout l'éventail possible des actions à distance du territoire national* » (Livre blanc 2008, p.71).

[82] On retrouve aussi parfois le terme d'« arc de crise ». Ce terme désigne une représentation géographique et non-homogène de la menace potentielle, aux limites variables selon la conjoncture internationale. « *La notion d' « arc de crise » comprend ainsi plusieurs foyers de violence et de guerre qui ne forment pas un tout compact mais plutôt une zone aux limites fluctuantes selon les événements* » (Boulanger, 2011, p.28).

Pour l'armée de terre, en termes de projection, la loi de programmation militaire 2003-2008 fixait l'objectif de projection à un an sans relève à plus de 50 000 combattants (sans indication de distance ni de délai). La LPM 2009-2014 ramène cet objectif à 30 000 combattants, à 8 000 km et dans un délai de 6 mois[83].

Les forces navales doivent assurer la présence à la mer des forces de dissuasion stratégiques, assurer un dispositif d'alerte et de surveillance, sécuriser les approches maritimes du territoire, et déployer le groupe aéronaval, ainsi que deux ou trois groupes d'interventions amphibies ou de protection du trafic maritime, sur des théâtres potentiels distants de 7 000 ou 8 000 kilomètres.

Les forces aériennes doivent garantir la disponibilité de la composante aéroportée du dispositif de dissuasion, contrôler les accès aériens du territoire et déployer une force de 70 avions de combat, auxquels s'ajoutent les avions de soutien et ceux de transport. L'armée de l'air doit pouvoir déployer deux bases aériennes projetables, également sur un théâtre distant de 7 000 ou 8 000 kilomètres.

À ces capacités opérationnelles, il faut rajouter des capacités de soutien, tant du point de vue des hommes que du matériel (*e.g.* délivrer des soins à l'ensemble des forces engagées, déployer un soutien pétrolier afin d'assurer le ravitaillement des unités).

Le Livre blanc de 2008 pose aussi le cadre de la réforme de la défense. Cette dernière s'inscrit plus largement dans le cadre de la Révision générale des politiques publiques (RGPP). Dans le but de réaliser des économies dans les dépenses publiques françaises, la RGPP a été lancée en juillet 2007. Cette réforme vise à changer en profondeur l'organisation administrative française et le contenu de l'action publique en passant « *en revue l'ensemble des moyens de fonctionnement et d'intervention de l'État* » (Barilari, 2008, p. 155). Comme le résument Marty, Trosa et Voisin (2006, p. 7) : « *Les contraintes pesant sur les finances publiques ont conduit à un déplacement du contrôle public vers la vérification de la régularité de l'utilisation des ressources vers l'évaluation de l'efficacité et de l'efficience de l'action publique en termes de fourniture de biens et services* ». La RGPP s'inscrit de manière transversale dans le Livre blanc de 2008.

In fine, à travers la réforme des armées, l'État cherche à dégager des marges de manœuvre budgétaires, moderniser les armées et recentrer chacun des grands organismes sur

[83] Pour fixer un ordre de grandeur, depuis la seconde guerre mondiale, en mettant de côté le cas particulier des guerres d'Indochine et d'Algérie, la France n'a jamais projeté plus de 30 000 combattants.

le cœur de leur métier. Concrètement, la réorganisation du ministère de la défense s'articule autour de quatre grands objectifs :

- l'amélioration de la gouvernance du ministère ;
- la rationalisation et l'amélioration du soutien des forces armées *via* la poursuite de la professionnalisation des armées et d'interarmisation, laquelle s'illustre notamment par une mutualisation accrue de certaines fonctions de soutien ;
- des changements dans les modes de gestion dans le but de mieux maîtriser les coûts de fonctionnement (*e.g.* centralisation de certains achats, externalisation de certaines fonctions) ;
- une refonte de la carte militaire afin de réduire les coûts liés aux emprises géographiques devenues redondantes ou inutiles sur le plan stratégique.

1.4 Le quatrième Livre blanc sur la défense et la sécurité nationale (2013)

Le dernier Livre blanc, rendu public en avril 2013, correspond à une volonté du chef de l'État de recadrer les objectifs et les moyens de la politique de défense de la France. Sa publication intervient avant le terme de la première LPM initialement couverte par le Livre blanc précédent. L'évolution du contexte économique (crise économique et crise des dettes souveraines notamment), ainsi que les engagements militaires répétés de la France depuis 2008, comptent parmi les principaux facteurs ayant contribué au besoin d'un nouveau Livre blanc.

Le Livre blanc de 2013 prend donc en compte la crise économique qui touche particulièrement les pays développés. La crise économique a eu pour conséquence de limiter les marges de manœuvre – en termes de budgets militaires – des États-Unis et de l'Europe et a ainsi contribué à leur perte relative d'influence. En revanche la crise économique ne semble pas remettre en cause la montée en puissance des pays émergents (Brésil, Inde et Chine notamment).

Dans la continuité du Livre blanc de 2008, celui de 2013 présente une approche très globale des questions de sécurité et de défense. Il entérine la pertinence du concept de sécurité nationale. « *Visant un objectif plus large que la simple protection du territoire et de la population contre des agressions extérieures imputables à des acteurs étatiques, ce concept traduit la nécessité de gérer l'ensemble des risques et des menaces, directs ou indirects, susceptibles d'affecter la vie de la Nation* » (Livre blanc 2013). Tout comme en 2008, il

accorde une place centrale à la mondialisation qu'il définit comme une « *situation d'interactions et d'interdépendances généralisées entre une multitude d'acteurs étatiques et non-étatiques, favorisée par la diffusion de nouvelles technologies* » (Livre blanc 2013, p.27).

Les zones prioritaires d'intervention restent globalement les mêmes qu'en 2008 (périphérie européenne, bassin méditerranéen, une partie de l'Afrique – du Sahel à l'Afrique équatoriale –, le Golfe Arabo-Persique et l'océan Indien). L'échelle des priorités déterminant le niveau et l'intensité des engagements potentiels s'ordonne comme suit :

- protéger le territoire national et les ressortissants français, et garantir la continuité des fonctions essentielles de la Nation ;
- garantir avec les partenaires et alliés la sécurité de l'Europe et de l'espace Nord-Atlantique (la stratégie de défense de la France ne se conçoit pas en dehors du cadre de l'Otan et de l'Union Européenne) ;
- stabiliser avec les partenaires et alliés les approches de l'Europe ;
- participer à la stabilité du Proche-Orient et du Golfe Arabo-Persique ;
- contribuer à la paix dans le monde.

« *Alors que le niveau de risque et de violence dans le monde ne régresse pas et que les dépenses d'armement augmentent fortement dans de nombreuses régions, en particulier en Asie, les risques et les menaces auxquels la France doit faire face continuent à se diversifier* » (Livre blanc 2013, p.133). Du point de vue des menaces, cette édition du Livre blanc reprend les principaux éléments de l'édition précédente (conflits asymétriques, terrorisme, cybercriminalité, crime organisé, prolifération des armes de destruction massive, risques de pandémies, catastrophes technologiques ou naturelles). « *Au premier rang des menaces les plus probables demeure la menace terroriste* » (Livre blanc 2013, p.48). Le nouveau Livre blanc insiste aussi particulièrement sur la défense de l'espace atmosphérique, sur les risques associés aux catastrophes naturelles et sur l'importance des infrastructures vitales (*e.g.* production d'énergie, télécommunications).

Afin d'assurer la sécurité nationale, les cinq grandes fonctions stratégiques identifiées en 2008, restent valables : connaissance et anticipation, dissuasion, protection, prévention et intervention.

Le Livre blanc de 2013 renforce le volet « rationalisation » dans la défense. Sur le plan budgétaire, l'effort de défense de la France devrait s'établir à 364 milliards d'euros 2013 sur la période 2014-2025 (dont 179 milliards d'euros 2013 pour la LPM 2014-2019 les années 2014 à 2019 (Livre blanc 2013, p.88). On sait également que les réductions d'effectifs vont

s'accentuer jusqu'en 2019. Néanmoins, leur répartition entre les différentes armées ne sera décidée que dans la LPM 2014-2019 (qui sera rendue publique à l'automne 2014).

Le Livre blanc de 2013 sanctuarise à nouveau la dissuasion nucléaire dans ses deux composantes. Il annonce donc la poursuite des investissements dans ce domaine. Du côté des forces conventionnelles, les missions des forces restent globalement les mêmes. Le Livre blanc insiste sur l'interopérabilité, mais les ambitions se réduisent en termes de capacités de projection. De plus, concernant le dimensionnement des forces, le Livre blanc de 2013 est bien plus précis que les Livres blancs précédents dans les dotations en matériels. Dans le contexte budgétaire actuel, ceci est symptomatique d'une tension entre d'une part, les ambitions du pays en termes de politique de défense – et notamment de projection – et, d'autre part, du coût élevé des matériels et des effectifs.

À terme, dans le Livre blanc de 2013, les forces terrestres offriront une capacité opérationnelle projetable d'environ 66 000 hommes. Elles disposeront d'environ 200 chars lourds, 250 chars médians, 2 700 véhicules blindés polyvalents, 140 hélicoptères de reconnaissance et d'attaque, 115 hélicoptères de manœuvre et environ 30 drones tactiques. Pour garantir une capacité de réaction autonome aux crises, le pays devra disposer en permanence de 5 000 hommes en alerte, permettant de constituer une force interarmées de réaction immédiate de 2 300 hommes, projetables à 3 000 km de l'hexagone, dans un délai de sept jours. Le nouveau contrat opérationnel de l'armée de terre limite à 15 000 le nombre d'hommes projetables en urgence pendant plusieurs mois sur un théâtre. Ce contrat était de 30 000 homme en 2008 (et de 50 000 en 1994).

Les forces navales doivent pouvoir s'intégrer dans les dispositifs internationaux. Elles s'articuleront autour du porte-avions, des sous-marins nucléaires d'attaque, des bâtiments de projection et de commandement et des frégates. Les forces navales sont également constituées d'unités plus légères aptes au contrôle des espaces maritimes (*e.g.* frégates de surveillances, patrouilleurs). Elles disposeront au total de quatre sous-marins nucléaires lanceurs d'engins, de six sous-marins nucléaires d'attaque, d'un porte-avions, de quinze frégates de premier rang, d'une quinzaine de patrouilleurs, de six frégates de surveillance, de trois bâtiments de projection et de commandement, d'avions de patrouille maritime et d'une capacité de guerre des mines.

Les forces aériennes disposeront d'avions polyvalents, capables d'interopérabilité, mais aussi d'avions de transport pour la projection de forces. Du côté des chasseurs, les forces aériennes devront prolonger la durée de vie des Mirage 2000D. Par ailleurs, l'équipement en

Rafale va se poursuivre, avec une cible réduite à 225 unités (air et marine), contre 286 prévus initialement. Du côté du transport, les forces aériennes devraient comprendre une cinquantaine d'avions de transport tactique. À cela devraient s'ajouter sept avions de détection et de surveillance aérienne, douze avions ravitailleurs multirôles, douze drones de surveillance ainsi que des avions légers de surveillance et de reconnaissance.

Conclusion de la section 1

Ce passage en revue des Livres blancs nous a semblé important dans la mesure où la production de défense s'insère dans un contexte. Ce contexte évolue et la conception de la défense également. Les Livres blanc permettent d'apprécier l'évolution du contexte.

En résumé, le Livre blanc de 1972 était celui « de la dissuasion », celui de 1994 « de la projection ». Le Livre blanc de 2008 a été présenté comme étant celui de la « connaissance et l'anticipation ». Ce dernier présente une conception plus globale de la défense[84] et ajoute la fonction « connaissance et anticipation » aux quatre fonctions traditionnelles (protection, prévention, dissuasion et projection). Le Livre blanc de 2013 conserve les cinq fonctions du Livre blanc de 2008. La vision globale de la défense, qui correspond à un monde plus complexe et plus mouvant y est entérinée et le concept de sécurité nationale est à nouveau affirmé. Sur le plan des moyens, ce Livre blanc réduit certaines ambitions de la France, notamment en matière de projection de forces et de format des armées, et poursuit la rationalisation des armées.

Des grands traits des Livres blancs, il est possible de tirer quelques conclusions :

- d'abord, les « missions » actuellement attribuées à la défense contrastent fortement avec celles qui prévalaient lors de la guerre froide. Ceci rend le concept de défense plus multidimensionnel et plus complexe.

- ensuite, le modèle d'armée hérité des années de la guerre froide se réforme en tenant compte de nouveaux paramètres géopolitiques (développement de la projection de force, conflits régionaux), technologiques (conflits asymétriques, production de défense basée sur la technologie) et économiques (coût des systèmes de défense, contraintes budgétaires et crises économiques). Ces nouveaux paramètres incitent à modifier le format des armées, leurs missions et leurs moyens.

[84] Nous relevons au passage que ce dernier s'intitule « Défense et sécurité nationale : le Livre blanc ».

- enfin, en ce qui concerne les matériels, cette étude longitudinale attire l'attention sur le fait qu'un outil de défense est parfois largement conditionné par des choix anciens. En effet les grands programmes (*e.g.* Leclerc, Rafale, Tigre) se déroulent sur des cycles de vingt à trente ans. Certains matériels aujourd'hui en service résultent de choix qui ont été faits dans des contextes économiques et géopolitiques forts différents du contexte actuel.

Section 2 : Les changements de format et d'organisation des armées en France

La citation suivante est extraite d'un entretien du chef d'état-major des armées en 1996 : « *Quelle autre administration serait capable de perdre près de 25 % de ses effectifs, 10 % de ses ressources budgétaires, de fermer un tiers de ses organismes et de réorganiser en profondeur la quasi-totalité des autres, en déplaçant des milliers de militaires et de fonctionnaires, le tout en six ans ? (…) Nous n'avons plus à faire face à une menace majeure clairement identifiée, proche de nos frontières. Ce risque a disparu et il faudrait des années pour qu'il réapparaisse. C'est une situation sans précédent dans l'histoire de France. Rien ne justifierait aujourd'hui le maintien d'un appareil militaire dimensionné pour la guerre froide* » ((Douin, 1996, p. 8 Chef d'état-major des armées). Quinze ans plus tard, l'Amiral Guillaud, également chef d'état-major des armées s'exprimait ainsi : « *cette année, plus de 50 000 personnes connaîtront une mobilité géographique et fonctionnelle avec la dissolution de cinq régiments, de cinq états-majors de l'armée de terre, d'une base aéronavale, et de deux bases aériennes. Nous aurons également le retrait du service d'un escadron de chasse et de trois bâtiments de guerre de la marine. Nous verrons aussi 122 transferts d'unités* » (Amiral Guillaud (CEMM) in Guy Teissier, 2011, p. 8).

Ces deux témoignages soulignent les implications économiques, sociales et géographiques d'une réforme de très grande ampleur entreprise à partir de 1997 sur la base d'un modèle d'armée hérité de la guerre froide. Cette réforme qui s'étale sur plusieurs années vise principalement à réduire le format des armées pour s'orienter vers un modèle d'armée composée d'unités de taille plus réduite, modernisées et fortement armées, rapidement disponibles, bien entrainées et orientées vers la projection de forces.

Dans cette section, nous cherchons à mettre en évidence des tendances de long terme afin d'illustrer quantitativement et qualitativement le changement de format des armées françaises. Nous cherchons alors à répondre aux questions suivantes : Comment les budgets alloués aux forces armées ont-ils variés ? Comment le format des armées a-t-il évolué sur le plan des effectifs et des matériels ?

2.1 Les budgets des armées en France : les grandes tendances

La contrainte budgétaire est une contrainte majeure dans l'organisation des armées. En termes budgétaires, les dépenses militaires françaises sont organisées sous la forme de Loi de Programmation Militaire (LPM). Les LPM contiennent plusieurs éléments dont les autorisations de programme (AP) qui constituent les limites supérieures à ne pas dépasser. Ces dernières sont définies sur plusieurs années (généralement cinq). Ensuite, le Parlement vote chaque année des crédits de paiement (CP) permettant de financer les autorisations de programme. Ce mode de fonctionnement permet de s'assurer du respect de la LPM et d'assurer le financement des programmes d'armement qui couvrent généralement plusieurs exercices budgétaires. Le décalage entre AP et CP mesure l'inexécution de la LPM.

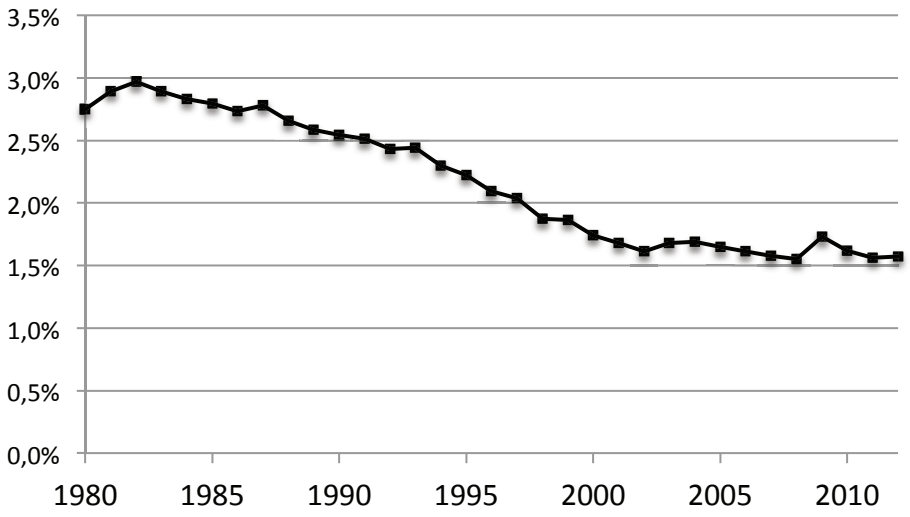
Pour se faire une idée plus précise des grandes tendances budgétaires, nous examinons d'abord l'évolution du « ratio dépenses militaires sur PIB », *i.e.,* la part du revenu national consacrée à la défense. Ensuite, nous nous intéressons à l'évolution des dépenses « d'équipement » et « hors équipement ».

a) Le ratio dépenses militaires sur PIB

En France, depuis les années 1960, en moyenne, le ratio dépenses militaires sur PIB a une nette tendance à la baisse (Malizard 2011). De plus de 5 % en 1960, le ratio avoisine les 3 % au début des années 1980 et descend à 1,6 % à la fin des années 2000 (avec toutefois un pic notable en 2009 lié au plan de relance et à l'accroissement des dépenses d'équipement). Le graphique suivant examine l'évolution de ce ratio sur la période 1980-2012[85] :

[85] Les données proviennent de l'Observatoire Économique de la Défense (OED). Les « dépenses militaires » sont ici assimilées au budget total de la défense (hors pensions) retracé par l'OED sur la période 1980-2012. Pour chaque année, le ratio est obtenu en divisant le budget total de la défense (en euros courants) par le PIB (également en euros courants).

Figure 8 Part des dépenses militaires dans le PIB en France (1980-2012)



Source : Observatoire Économique de la Défense (OED)

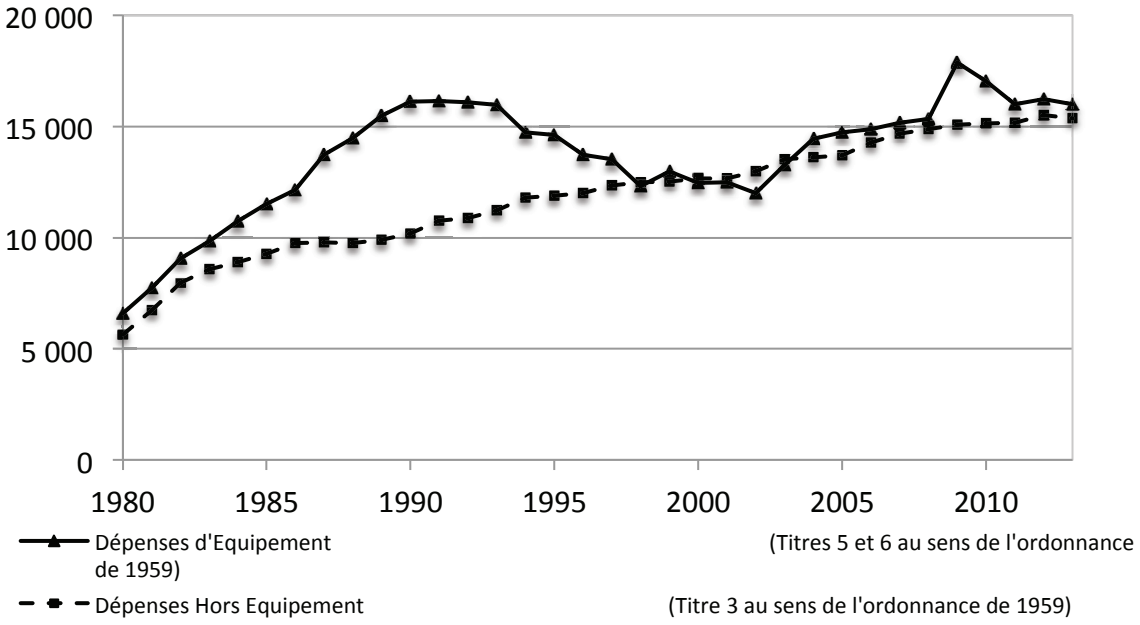
Suivant Foucault (2012), en considérant les trente dernières années, il est possible de distinguer trois périodes distinctes : la décennie 1980, la période des dividendes de la paix (1990-2002) – période où le ratio passe en dessous des 2 % – et le réinvestissement de la défense entre 2002 et 2010. Après une légère hausse au début des années 1980, la baisse du ratio est continue et régulière jusqu'au début des années 2000, avec une très brève remise en question sur la période 1977-1983.

Au début des années 2000, le ratio dépenses militaires sur PIB augmente très légèrement. La LPM 2003-2008 marque en effet un certain réinvestissement dans la défense avec une sanctuarisation des dépenses d'équipement. Néanmoins, ce réinvestissement est à interpréter avec précaution dans la mesure où jamais le poids de la défense rapporté au PIB n'a atteint un seuil aussi faible qu'en 2008 avec 1,6 % du PIB. En effet, depuis 1997, ce ratio est inférieur à 2 % pour la France et il s'établit à 1,7 % en 2012. Cette valeur est inférieure au seuil de 2 % donné par Madeleine Albright au sommet de l'OTAN en 2010, laquelle permettrait le maintien d'un niveau de sécurité collective crédible (Foucault 2012).

b) Les parts respectives entre dépenses « d'équipement » et « hors équipement »

Nous nous intéressons maintenant plus en détail aux évolutions respectives des dépenses « d'équipement » et « hors équipement » sur la période 1980-2010.

Figure 9 Dépenses d'équipement et hors-équipement (1980-2013) (en millions d'euros courants)



Source : conception de l'auteur, d'après données collectées auprès de l'OED

Les dépenses d'équipement se caractérisent par une plus grande variabilité (évolution cyclique) alors que celle des dépenses hors équipement est tendancielle. Par ailleurs, le graphique ci-avant montre que les dépenses d'équipement sont supérieures aux dépenses hors équipement sur la période 1980-1998, puis inférieures sur 1999-2002 et à nouveau supérieures sur 2003-2013.

Du côté des dépenses hors équipement d'abord, la courbe en pointillés montre qu'elles suivent une progression quasi linéaire, à la hausse. Cette progression est attribuable à plusieurs facteurs qui se combinent :

- la professionnalisation des armées amorcée depuis 1997 ;

- les opérations extérieures (Opex) sont des « *engagements de forces militaires projetées hors du territoire national, sur un théâtre de crise ou de conflit* » (Boniface, 2008, p. 55). Les Opex, lorsqu'elles sont non budgétées, sont des surcoûts et jouent un rôle dans les arbitrages budgétaires. Depuis la fin des années 1990, la sollicitation de l'armée française s'est intensifiée en Opex (Kosovo, Côte-d'Ivoire, Liban, Afghanistan, Libye et Mali) ;

- les coûts du soutien. Parmi ces coûts, nous retrouvons le coût de la maintenance des matériels qui tend à augmenter, notamment lors du passage d'une génération de matériel à une

autre[86]. Nous retrouvons également les coûts du soutien général. Ces derniers concernent le soutien du personnel et de sa famille, la gestion du personnel, le soutien des matériels (sauf les systèmes de défense), les questions juridiques et la communication. Aujourd'hui, les législations consacrées à l'hygiène, à la sécurité du travail, à l'environnement, au contrôle financier se sont beaucoup complexifiées. Le « référentiel normatif » a donc évolué et la mise en application des contraintes liées aux législations civiles devient de plus en plus coûteuse, en nécessitant des compétences de plus en plus spécifiques.

Ensuite, du côté des dépenses d'équipement, la baisse est très marquée à partir de 1990, point d'inflexion coïncidant avec la fin de la guerre froide. À cette date va s'amorcer un cycle où prédomine la logique politique des « dividendes de la paix », qui rompt brutalement avec la période précédente, les dépenses en capital servant de variable d'ajustement. En 1997-2002, si la Loi de Programmation Militaire (LPM) prévoyait environ 16 milliards d'euros de crédits d'équipement par an, seulement 14 milliards d'euros ont été dépensés chaque année en moyenne (valeurs en euros de 2008 *in* Trucy *et al.* 2009). L'inexécution en termes de dépenses d'équipement a représenté l'équivalent d'une année de programmation (Fromion & Rouillard, 2013, p. 17). En effet, au cours de cette LPM, de nombreux programmes ont été annulés (satellite radar Horus, missiles tactiques terrestres et Apache), d'autres ont vu leur cible réduite (chars Leclerc, SNLE nouvelle génération), enfin, d'autres ont été retardés (Rafale, missile M51).

L'année 2003 amorce un nouveau cycle avec une LPM pensée dès la fin des années 1990 autour de la nécessité de remédier au sous-investissement chronique dans la défense, alors même que se développaient progressivement les opérations extérieures. La LPM 2003-2008 marque une sanctuarisation explicite des dépenses d'équipement. En conséquence, une hausse importante des crédits d'équipement était prévue par la LPM 2003-2008 (passage de près de 15 milliards d'euros par an, contre 13 milliards dépensés lors de la LPM 1997-2002). Cependant, de nombreuses raisons structurelles comme la hausse des crédits de fonctionnement et de rémunération, les surcoûts des Opex, l'augmentation des coûts de MCO des matériels ou la dérive des coûts des programmes ont conduit à un écart d'exécution de 11 milliards d'euros en matière d'équipements en fin de programmation, soit les trois quarts

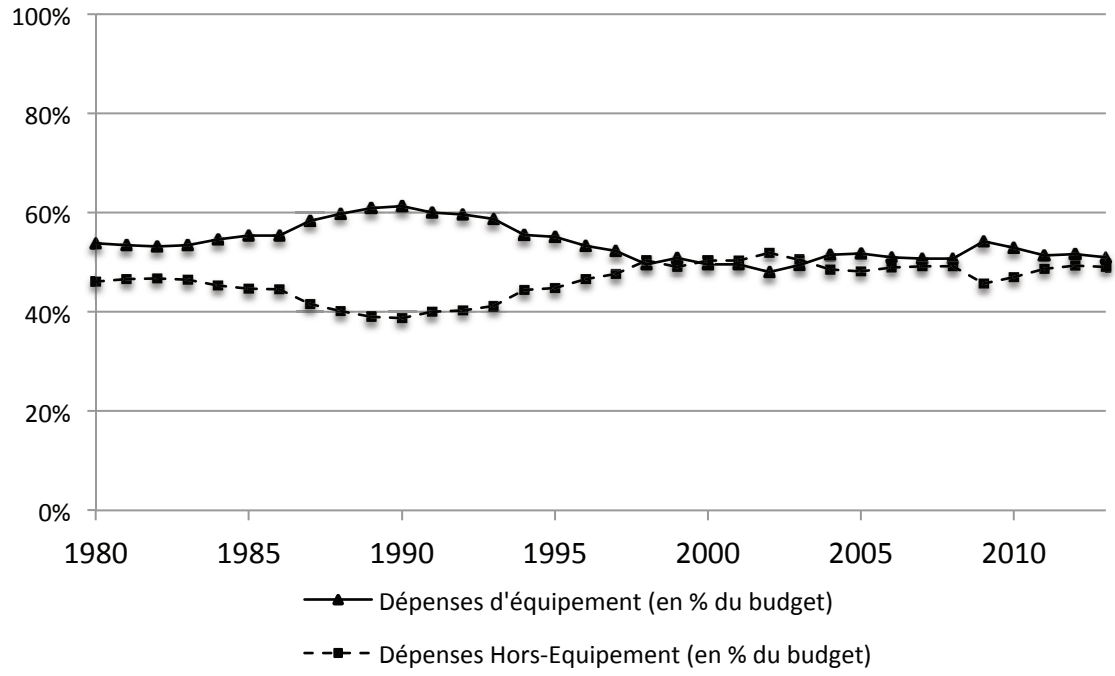
[86] Nous ne les détaillons pas davantage ici dans la mesure où la section 2 du chapitre III leur est entièrement consacrée.

d'une annuité (Fromion & Rouillard, 2013, p. 17). Néanmoins, depuis cette période, les dépenses d'équipement sont plutôt en progression.

La LPM 2009-2014 prévoit près de 17 milliards d'euros en moyenne de dépenses en crédits d'équipement par an. Le tout récent projet de LPM 2014-2019 prévoit quant à lui plus de 17 milliards d'euros en moyenne de dépenses en crédits d'équipement par an (passage de 16,4 milliards d'euros en 2014 à 18,2 milliards d'euros en 2019). Toutefois, n'oublions pas que l'état des finances publiques est susceptible de remettre ces tendances en question. D'ailleurs, sur la seule période 2009-2012, les dépenses d'équipement totalisent un écart de 5,5 milliards d'euros.

Le graphique suivant montre les évolutions comparées des dépenses d'équipement et des dépenses hors-équipement, rapportées au budget.

Figure 10 Dépenses d'équipement et hors-équipement (1980-2013) (en % du budget)



Source : conception de l'auteur, d'après données collectées auprès de l'OED

Le début des années 1990 marque bien une évolution en défaveur des dépenses d'équipement dont la part dans le budget total (hors pensions) diminue jusqu'en 2003. En 1998, les dépenses d'équipements pèsent autant que les dépenses hors équipement dans le budget de la défense, et ces dernières restent même supérieures aux premières jusqu'en 2003, année consécutive au réamorçage de la progression des dépenses d'équipement.

En 2013, le budget de la défense est de l'ordre de 31 milliards d'euros. Il se ventile à peu près à égalité entre les dépenses d'équipement (51%) et les dépense hors équipement (49 %). À court et moyen terme, le niveau global des dépenses devrait rester relativement constant (au moins jusqu'en 2018). En revanche, les parts respectives entre « équipement » et « hors équipement » devraient varier. En effet, en se projetant à l'horizon 2020, et en s'appuyant sur les deux derniers Livres blancs – Livre blanc de 2008 et Livre blanc de 2013 –, ainsi que les deux dernières LPM – LPM 2009-2014 et LPM 2014-2019 –, les dépenses d'équipement devraient augmenter en part des dépenses totales. Selon la LPM 2014-2019, les dépenses totales dépasseraient les 32 milliards d'euros et se répartiraient de la façon suivante en 2019 : environ 18 milliards d'euros pour les dépenses d'équipement et 14 milliards d'euros pour les autres dépenses (contre 15,9 milliards d'euros pour les dépenses d'équipement et en 2013 et 15,4 milliards d'euros pour les dépenses hors équipement en 2013). Certains rapports mentionnent même que la part des dépenses d'équipement pourrait passer de 51 % en 2013 à environ 60 % des dépenses totales d'ici 2020 et plus (ce qui représenterait environ 20 milliards d'euros alloués aux dépenses d'équipement).

Cet effort en faveur de l'équipement est le reflet de l'acquisition et de la mise en service de matériels de défense modernes. Il témoigne d'une croissance du capital militaire qui équipe les forces armées. Il est clair qu'à budget constant – ou en très faible croissance –, une telle inversion dans les parts relatives ne pourra se faire qu'avec de très fortes économies sur les dépenses de fonctionnement. Un tel objectif, s'il est le but poursuivi par les dernières réformes entreprises, nous semble assez peu plausible compte tenu des premiers retours d'expériences sur les économies réalisées – qui ne sont pas toujours de l'ampleur souhaitée – et du coût d'acquisition des matériels modernes (*e.g.* nouvelles frégates, nouveaux sous-marins, A400M). Reste à envisager une hausse du budget global, mais dans le contexte actuel des finances publiques de l'État, cette option paraît assez peu plausible.

Finalement, de façon assez générale, les contraintes budgétaires se combinent avec une augmentation des coûts selon un effet dit « de ciseau ». Un tel phénomène s'illustre particulièrement bien dans l'acquisition de matériels de défense de plus en plus coûteux avec des budgets de plus en plus contraints (Bellais 2011).

2.2 Le format des armées en France : les effectifs

a) Tendances générales concernant les effectifs des armées françaises

Quand on examine l'organisation et la configuration des armées dans le monde occidental contemporain, une évolution majeure apparaît depuis les années soixante. Cette évolution se présente comme un changement radical dans l'organisation des armées avec une transition, variable selon les pays, entre deux modèles d'armées. Ces deux modèles sont le modèle de masse, hérité du 19ème siècle et basé sur la conscription avec une mobilisation nationale en cas de crise et le modèle moderne, basé sur un personnel de carrière, hautement qualifié, fortement armé et en état de disponibilité permanente en vue d'une éventuelle projection. Le déclin du premier modèle *« marque une nouvelle étape de l'évolution des forces armées modernes* » (Martin 1981, p.87).

Pour la plupart des grandes puissances occidentales, l'importance des forces armées en termes d'effectifs diminue au cours de la décennie 1990 (Maury, 2001). En France, avec les guerres d'Indochine et d'Algérie, les effectifs militaires atteignent 1,5 millions d'hommes en 1957. Après une forte réduction des effectifs au début des années 1960, on observe une progression régulière des effectifs militaires pendant la guerre froide et notamment dans les années 1970 et 1980. Depuis la chute du mur de Berlin le format des armées se réduit considérablement. Si on considère la période de 1990 à 2010, cette réduction du format des armées en termes d'effectifs est très nette. Le tableau ci-dessous montre l'évolution des effectifs selon les armées.

Figure 11 Effectifs par armée entre 1990-2010 (militaires et civils, gendarmerie exclue)

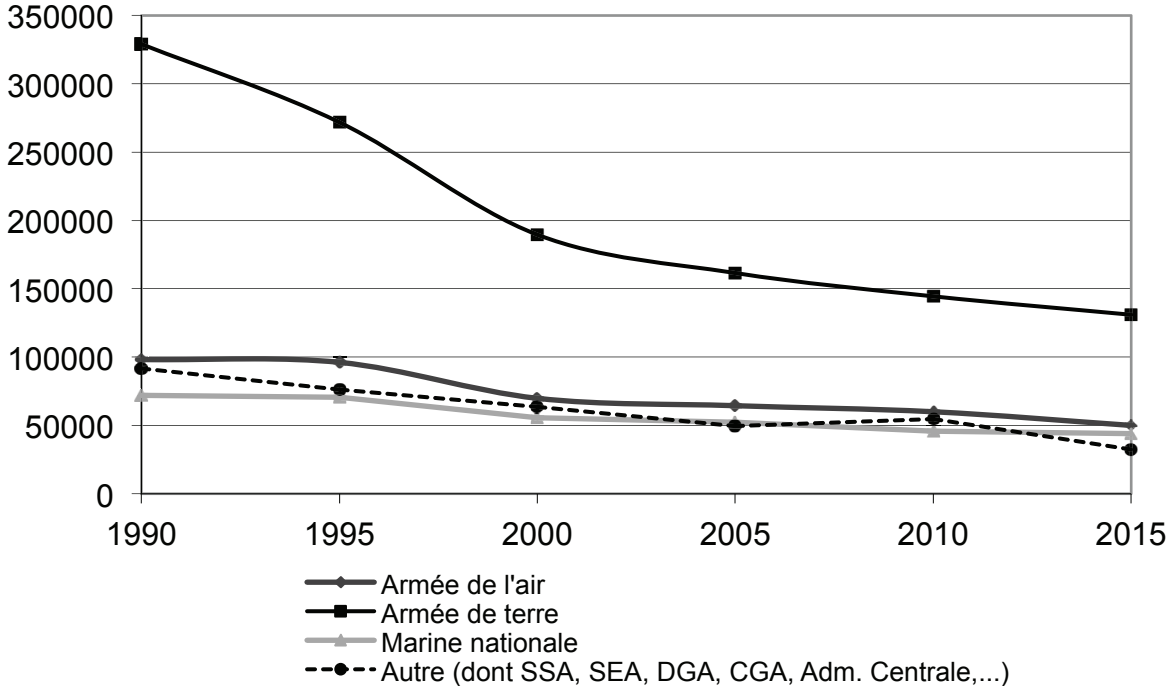
	Armée de l'air	Armée de terre	Marine	Autres[87]
1990	98110	329234	72136	91521
2010	60010	144486	45986	54738
Variation	-39 %	-56 %	-36 %	-40 %

Source : conception personnelle, d'après Bilan Social de la défense

[87] La catégorie « autres » inclut notamment la DGA (Direction Générale de l'Armement), le Service de Santé des Armées (SSA), le Service des Essences des Armées (SEA), le Contrôle Général des Armées (CGA) et l'Administration Centrale.

En 20 ans, l'armée de terre perd 56 % de ses troupes, l'armée de l'air près de 39 % et la marine, 36 %. Les autres services sont considérablement affectés puisque leurs effectifs se réduisent de 40 %.

Figure 12 Effectifs des armées, en milliers d'hommes militaires et civils (gendarmerie exclue) (1990-2015[88])

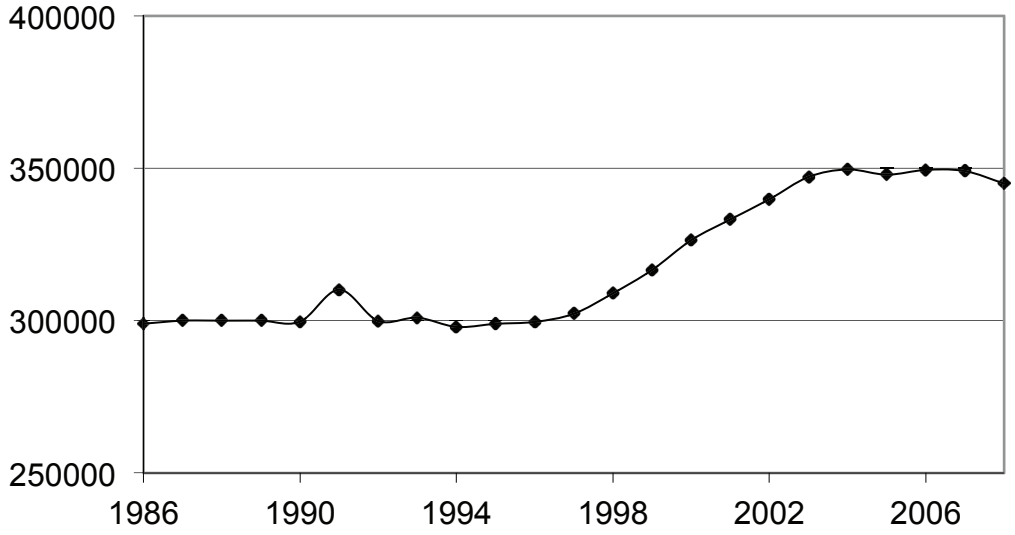


Source : auteur d'après Bilan Social de la Défense

La fin des années 1990 est marquée par la fin de la conscription et la professionnalisation (annonce de l'abandon de la conscription le 28 mai 1996 par le Président Jacques Chirac). Au 31 décembre 2002, l'armée française est entièrement professionnelle. Dans le contexte stratégique exposé dans le Livre blanc de 1994, les recrues d'une armée professionnelle apparaissent mieux entraînées et plus facilement mobilisables pour des opérations extérieures (Opex), dont le nombre et la fréquence tendent à s'accroître. Le passage à une armée professionnelle s'est accompagné d'une réduction des effectifs globaux. Entre 1996 et 2008 l'effectif global aura été réduit d'environ 150 000 personnes. Cependant, si l'on raisonne en effectifs hors appelés, il se sera au contraire accru de plus de 50 000 personnes (le nombre de militaires du rang a été multiplié par 2,6 entre 1996 et 2003).

[88] Les chiffres pour 2015 se basent sur des approximations de format données par le ministère à l'horizon 2015.

Figure 13 Militaires d'active entre 1986 et 2008, en nombre d'hommes (gendarmerie incluse)



Source : conception personnelle, d'après données Bilan Social de la défense
NB : Les militaires d'active sont les militaires professionnels
(on exclut donc les conscrits et les réservistes)

La réforme a nécessité une adaptation des effectifs de cadres (officiers et sous-officiers). La réforme visait en particulier à réduire les effectifs et à obtenir un rajeunissement. Les impératifs de l'armée professionnelle expliquent la nécessité de disposer de jeunes cadres et donc de maintenir un niveau de recrutement suffisant. En conséquence, la professionnalisation des armées a fait passer le taux d'encadrement[89] cible de 49 % à 66 %, norme des armées modernes. Entre 1996 et 2002, le taux d'encadrement est passé de 57 % à 70 % dans l'armée de l'air, de 31 % à 50 % dans l'armée de terre et de 59 % à 77 % dans la marine (Marini 2001, p.18).

Pour atteindre cet objectif, les départs en retraite des officiers et sous-officiers de carrière ont été encouragés et les mobilités interministérielles vers d'autres organismes de la fonction publique ont été favorisées. Par ailleurs un droit à la reconversion s'accompagnant d'un congé de reconversion a été inscrit dans les statuts. Enfin, il a fallu accompagner la mobilité – professionnelle et géographique – nécessaire à l'adaptation de l'organisation des armées à ce nouveau contexte.

[89] Le taux moyen d'encadrement est défini comme étant le nombre d'officiers rapporté au nombre de sous-officiers et de soldats. Ceci ne correspond pas au nombre de personnes en situation de management. Cet indicateur correspond alors plus à un niveau de compétence qu'à un ratio d'encadrement/management tel qu'on pourrait le trouver dans le secteur privé.

b) Les restructurations des années 2000

Les années 2000 sont marquées par de nombreuses et profondes réformes, notamment dans l'organisation du soutien et dans le format des armées tout au long de la décennie. En particulier, la réforme de la fin des années 2000 est une réforme de grande ampleur qui se traduit par d'importantes réductions d'effectifs. La réduction des effectifs au sein de la « Mission Défense » – terme employé dans la Loi Organique relative aux Lois de Finances (LOLF) – va se traduire par la suppression entre 2008 et 2015 de 54 000 emplois. Sur la période, les armées auront perdu près de 20 % de leurs effectifs en un peu moins de sept ans, avec entre 2009 et 2014, un rythme de réduction de 8 000 emplois nets par an (Carrez & Giscard d'Estaing 2010, p.24).

Quels sont les grands principes directeurs de cette réforme ?

En premier lieu, l'effort de réduction des effectifs porte surtout sur le soutien. La baisse prévue des effectifs porte à 75 % sur des emplois liés à l'administration et au soutien des forces et à 25 % sur des emplois touchant directement aux capacités opérationnelles. À titre d'exemple, pour l'année 2009, le tableau ci-dessous montre que « les soutiens » sont majoritairement concernés par la réforme.

Tableau 4 Répartition des suppressions de postes par « grandes fonctions » en 2009

	Suppressions de postes (en nombre de postes)	**En % du total**	
Opérationnel	1 494	18 %	18 %
Soutien opérationnel	2 668	32 %	82 %
Soutien	4 233	50 %	
TOTAL	**8 395**		

Source : Cazeneuve et Cornut-Gentille (2009, p.23)

En second lieu, la répartition entre emplois civils et emplois militaires supprimés doit être de 75 % pour les effectifs civils et de 25 % pour les effectifs militaires. Les personnels civils ont en effet contribué proportionnellement plus à la réduction des effectifs que les militaires puisqu'ils représentent 28 % des suppressions en 2012 (Cazeneuve & Cornut-Gentille 2012, p.45). Le tableau ci-dessous présente l'évolution des effectifs (militaires et civils) des trois armées au 31 décembre de chaque année entre 2006 et 2012.

Tableau 5 Réduction des effectifs pour chacune des armées (en ETP)

Effectifs réalisés	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Ecart 2006-2012	Variation relative 2006-2012
Terre	132 960	132 565	130 192	126 963	123 586	120 905	117 899	-15 061	-11,3 %
Marine	42 194	41 586	40 599	40 321	39 417	38 359	37 532	-4 662	-11 %
Air	58 487	57 213	55 218	53 889	51 646	49 424	47 332	-11 155	-19 %

Source : Puyeo (2012, p. 12)

Dans **l'armée de terre**, la mise en œuvre de la réforme se traduit par la suppression de 24 000 emplois, ce qui représente 24 régiments (Cazeneuve & Cornut-Gentille 2009). L'armée de terre comptait en 2010 un peu plus de 110 000 militaires. Sur ce total, près de 91 000 subissent au cours de l'année 2010 des changements géographiques ou organiques importants. En 2011, l'armée de terre perd 7 000 personnels supplémentaires (Carrez & Giscard d'Estaing, 2010, p. 25).

En 2012, l'armée de terre passe sous le seuil des 100 000 militaires, avec 97 297 soldats (contre 290 959 militaires, appelés inclus en 1990) (Bernard 2011, p.47). Elle représente alors 45 % des effectifs et 29 % de la masse salariale totale du ministère (Puyeo, 2012, p. 11). L'armée de terre devrait être particulièrement affectée par les réformes du Livre blanc 2013. Elle pourrait perdre jusqu'à 9 000 hommes supplémentaires sur la période 2014-2019.

Dans **l'armée de l'air**, la réduction de format se traduit par un objectif de diminution des effectifs de 15 900 personnels entre 2008 et 2015 (Viollet, 2011, p. 10). La décroissance du format est particulièrement rapide. Théoriquement, ces réductions de personnels devraient entraîner une économie cumulée estimée à environ 1,7 milliards d'euros sur la période 2009-2014 (Cazeneuve & Cornut-Gentille 2009, p.44).

À terme, l'ambition est de stabiliser le format de l'armée de l'air à 50 000 personnels (44 000 militaires et 6 000 civils). Par ailleurs, dans l'armée de l'air, sur la période 2010-2011, un nombre important d'emplois ont été transférés vers les structures interarmées.

Dans **la marine**, les récentes restructurations devraient se traduire par la suppression de 6 000 emplois entre 2008 et 2015. À l'horizon 2015, il s'agit d'atteindre un modèle défini à 37 000 marins militaires et 3 000 civils (Lamour 2011, p.44). Un tiers des réductions d'effectifs sur la période est lié au regroupement des capacités opérationnelles (et notamment

la réduction des équipages des bâtiments). La réduction des équipages est une conséquence des avancées technologiques dans le domaine naval militaire. L'objectif visé est une division par deux ou trois des effectifs des navires par rapport aux standards de la fin des années 1990. À titre d'illustration, les frégates anti-sous-marines F-67 (type De Grasse) accueillent 330 hommes d'équipage contre 230 pour les F-70 (type Georges Leygues) et seulement 98 pour les frégates multimissions (FREMM). Dans les sous-marins, l'équipage des futurs SNA Barracuda sera composé de 60 hommes, contre 70 pour les actuels Rubis. La plupart des marines modernes ont pris cette orientation.

Ces réductions d'effectifs à bord portent sur les activités intenses en main d'œuvre. Elles concernent notamment les postes de quart (optimisés électroniquement), la gestion de la sécurité et de la lutte contre les sinistres, la maintenance et le soutien de l'homme (Dock & Garié, 2002, p. 95). On assiste à une baisse relative tendancielle des personnels ayant des fonctions de soutien par rapport à ceux ayant des fonctions opérationnelles. Ces mutations, dues à l'automatisation, entrainent de nouvelles méthodes de gestion des navires. On note ainsi une tendance à la délocalisation de certaines activités à terre, *via* des moyens de communication adéquats (*e.g.* télé-administration, télémédecine).

Dans la marine, les économies attendues des réformes sont évaluées à 450 millions d'euros sur la période 2008-2015. Il semblerait qu'elles résultent davantage d'économies de structures (interarmisation et désarmement de bateaux) que des réductions d'effectifs (Cazeneuve & Cornut-Gentille 2009, p.46).

Les autres **administrations** sont également concernées. La réforme actuelle prévoit pour la Direction Générale de l'Armement (DGA) une réduction d'environ 3 000 postes. À terme, la DGA comptera quelques 10 000 personnels (Cazeneuve & Cornut-Gentille 2009, p.47).

Dans le Maintien en Condition Opérationnel (MCO) des matériels, les effectifs se réduisent aussi. Dans l'armée de terre sur la période 2008-2015, les effectifs (civils et militaires) dédiés au MCO seront réduits de 17 000 à 12 860 (-24 %) (Pinaud *in* Kempf (2012, p.107–109)). À l'horizon 2015, les 64 régiments des forces terrestres ne devraient plus disposer que de 4 100 maintenanciers dans les Services de Maintenance Régimentaires (dont 380 civils) contre 9 557 (dont 880 civils) en 2008 (Prome, 2010, p. 97). Sur la période 2008-2015, les effectifs (civils et militaires) dédiés au MCO aéronautique seront réduits de 23 500 à 18 500 (-22 %) (Pinaud *in* Kempf (2012, p.107–109)). Enfin, dans le MCO des

matériels navals, les effectifs ne devraient théoriquement pas diminuer. En revanche, les équipages qui assurent souvent une part conséquente de la maintenance devraient encore continuer à se réduire.

Enfin, d'autres services, comme le Service de Santé des Armées (SSA), le Service des Essences des Armées (SEA) ou encore le Service des Infrastructures de Défense (SID), sont également concernés par cette réforme majeure.

La réforme engagée en 2008 se poursuit, voire s'intensifie. En 2013, environ 7 200 postes devraient être supprimés pour l'ensemble du ministère de la défense (toutes armées et administrations confondues). Le Livre blanc 2013 conforte cette logique puisque ce dernier annonce la suppression de près de 30 000 postes sur six ans pour les armées entre 2009 et 2015 (au lieu de 24 000 initialement prévus). La répartition des suppressions par armées n'est pas encore tranchée, mais il est fort probable que l'armée de terre soit la plus affectée.

2.3 Le format des armées en France : les matériels

De manière concomitante à la réduction du format des armées en termes d'effectifs, on assiste depuis une trentaine d'années à une réduction du nombre de matériels dans les armées. Nous proposons une « photographie » du nombre des principaux matériels équipant les armées françaises. Notre estimation est délicate par nature car il convient de regrouper des données pour une présentation synthétique et composer avec des sources qui ne présentent pas toujours les données de manière homogène. De plus, les comparaisons dans le temps sont relativement délicates car les données concernant certains matériels sont difficiles d'accès (notamment pour les années 1990).

Néanmoins, dans le tableau suivant, nous avons rassemblé des données pour plusieurs périodes avec notamment : 1989 (avant la chute du mur de Berlin), 1995 (juste avant la professionnalisation et au début de l'application du Livre blanc de 1994), 2004 (« photographie » à mi-parcours), 2010 (juste après la mise en application du Livre blanc 2008) et enfin 2020 (format futur des armées basé sur des estimations – la date est donc notée avec un astérisque).

Tableau 6 L'évolution du format des armées : les matériels majeurs (1989-2020*)

	1989	1995	2004	2010	2020*	Variation 1989-2010	Variation 1989-2020*
Armée de Terre							
Chars lourds	1 339	927	346	254	200	-81 %	-85 %
Chars légers	816	350	364	331	250	-59 %	-69 %
Véhicules Blindés Légers	8 000	7 000	5 540	5 195	3 453	-35 %	-57 %
Helicoptères ALAT	695	340	409	312	157	-55 %	-77 %
Marine Nationale							
Flotte (en nombre de navires)	100	94	82	70	60	-30 %	-40 %
dont							
Porte-Avions	3	2	1	1	1	-67 %	-67 %
BPC-TCD (transport/projection)	3	3	4	4	4	33 %	33 %
SNLE	4	6	6	4	4	0 %	0 %
SNA	0	6	6	6	6		0 %
Sous Marin Diesel	14	7	0	0	0	-100 %	-100 %
Frégates (tous types)	50	32	31	23	18	-54 %	-64 %
Aéronavale	93	*NC*	64	63	60	-32 %	-35 %
dont							
Crusader	21	0	0	0	0	-100 %	
Super Etendard	*72*	*NC*	51	34	0	-53 %	
Rafale	0	0	10	29	60		
Atlantique 2	33	33	28	22	22	-33 %	-33 %
Hawkeye	0	*NC*	3	3	3		
Armée de l'Air							
Chasseurs	450	405	328	234	150	-48 %	-67 %
Avions de Transport	90	86	137	87	105	-3 %	17 %
Hélicoptères	120	101	85	80	51	-33 %	-58 %

Source : construction de l'auteur d'après recherches et à partir de données Ministère Défense

a) Les matériels de la marine nationale : l'évolution du format

Dans la marine, la flotte se réduit depuis la fin des années 1970. Sur la période 1980-2010, le nombre de bâtiments de la marine a diminué de moitié. En 1981, la flotte navale comportait 175 bâtiments (combat et soutien) (Livre blanc 1994, p.10 version électronique), contre 113 en 1993 et seulement une soixantaine en 2020. En 40 ans le nombre de bâtiments (combat et soutien) aura diminué de plus de 65 %. Sur la seule décennie 1990-2000, le nombre de bâtiments a diminué de 25 % et le tonnage de 16 % (CPRFA 2001, p.8).

La marine va très rapidement rallier le format prévu pour 2015. 28 bâtiments seront désarmés sur la période 2009-2014 et seulement six unités nouvelles seront admises au service actif. De 2008 à 2011, 13 bâtiments de la marine nationale ont été retirés du service sans être remplacés (en parallèle de l'arrivée de cinq bâtiments). De 2012 à 2015, dix autres bâtiments de la marine doivent être désarmés (Eckert & Launay 2012, p.50). Pour la seule année 2013, huit retraits de services de bâtiment sont prévus. En revanche, par rapport aux autres armées, le format de la marine en termes de matériels est relativement épargné par les réformes du nouveau Livre blanc.

En 2011, la marine ne dispose cependant que de deux Bâtiments de Projection et de Commandement (BPC) admis au service actif en 2006 et 2007, en remplacement des transports de chalands et de débarquement (TCD). Un troisième BPC, le Dixmude, est entré en service actif en juillet 2012. Selon le Livre blanc (2013), le quatrième BPC initialement prévu à l'horizon 2022 ne sera pas commandé et la marine restera avec trois BPC.

Jusqu'en 1960 la Marine possédait trois porte-avions, deux jusqu'en 2000 et actuellement un seul – avec, il semblerait, peu de perspectives financières pour l'acquisition d'un second porte-avions – (Amiral Guillaud (CEMM) *in* Teissier 2011).

De 1985 à 2007, la marine entretenait six SNLE dédiés à la dissuasion nucléaire contre quatre aujourd'hui. Le nombre de sous-marins d'attaque est le même qu'en 1995, mais la marine ne possède plus de sous-marins classiques en service.

Sur la période 1995-2020, le nombre de frégates (tous types confondus) a diminué de moitié. Le modèle d'armée 2015 envisageait une flotte de 26 frégates, le Livre Blanc fixait comme objectif 18 frégates[90] et le Livre blanc de 2013 ne parle plus que de 15 frégates (dont 11 bâtiments du programme de frégates européennes multimissions).

Concernant l'aéronavale de 64 appareils en 2004 on passe à 60 appareils en 2010 (avec une proportion de Rafale qui passe de 15 % des appareils en 1995 à plus de 45 % et 100 % en 2020). Les flottes se modernisent et on assiste au retrait progressif de service du Super-Etendard Modernisé (SEM). Le rythme de décroissance du parc des Super-Étendard est actuellement conditionné par la livraison des Rafale Marine jusqu'au retrait théorique du service des derniers Super-Etendard en 2015. Une rupture capacitaire pourrait survenir pendant la période 2015-2017, puisque la marine ne disposera que de 34 Rafale, soit six de

[90] Dont : deux frégates Horizon de défense antiaérienne (alors que l'objectif initial était de quatre), neuf frégates multimissions de lutte anti-sous-marine ASM, deux frégates multimissions de défense antiaérienne FREDA et cinq frégates de la classe Lafayette (Cornut-Gentille, 2011, p. 232).

moins que le seuil de criticité du groupe aérien embarqué (évalué à 40 appareils) (Lamour 2011, p.33).

En 2012, concernant les avions de patrouille et de surveillance maritime Atlantique 2 (ATL2), deux flottilles sont encore en activité (la 21F et la 23F sur la BAN Lann Bihoué, dans le Morbihan). Le parc de ces avions est en décroissance. Il était estimé en 2008 à 27 appareils (dont 14 en ligne avec un appareil basé à Dakar et un autre à Djibouti). Fin 2011, ces avions n'étaient plus que 22, après le retrait du service actif de cinq avions. À l'horizon 2020, il ne devrait rester que 12 ATL2 en parc (Tanguy 2010a, p.18). Le format du parc d'ATL2, au regard de la disponibilité moyenne de ces avions, rend difficile l'exécution de leurs missions. Un programme de rénovation sera engagé en 2012 pour prolonger leur service jusqu'en 2032.

b) Les matériels de l'armée de l'air : l'évolution du format

Concernant l'armée de l'air, la flotte d'avions de combat est en forte baisse, particulièrement depuis les années 2000. L'armée de l'air alignait plus de 401 avions de combat en 1995 (dans une tendance déjà en baisse par rapport aux 575 avions de combat alignés en 1982), 234 en 2010. Entre 1995 et 2020, le nombre d'avions de combat aura baissé de 50 %. Rien qu'entre 2008 et 2015, l'aviation de combat passera de 15 à 10 escadrons (Bombeau, 2008a, p. 31). La décroissance est rapide puisque de 14 escadrons de chasse en 2008, l'armée de l'air n'en avait plus que 12 en 2009 et 10 en 2012 (Bombeau, 2009a, p. 152).

Les flottes de chasseurs seront progressivement remplacées par le Rafale. La sortie des Mirage F1 est proche (2014). Hors Mirage 2000D, les autres s'étalent jusqu'en 2018 pour la flotte des 2000-5 et 2000N, voire 2020 pour les 2000C. La rénovation à mi-vie des 76 Mirage 2000D prévue en 2010 devait prolonger leur durée de service jusqu'en 2025 et permettre ainsi de pallier le *gap* que va connaître l'aviation de combat entre le départ des Mirage (F1 et 2000 confondus) et l'arrivée en nombre des Rafale[91]. Les sorties de flottes se poursuivent et selon certaines estimations, l'armée de l'air pourrait ne disposer que de 150 chasseurs en 2020. Allant dans ce sens, les réformes prévues par le Livre blanc de 2013 font à nouveau perdre deux escadrons à l'armée de l'air (soit près de 50 avions).

[91] La rénovation, prévue dans le Livre Blanc 2008 concerne le parc de Mirage 2000D et prévoit de leur conférer une polyvalence air-air et air-sol. Cette polyvalence sera assurée par l'ajout de nouveaux équipements et une capacité appui-feu renforcée (Bombeau, 2009a, p. 153).

Par ailleurs, le nombre d'avions de transport augmente sur la période considérée et passe de 86 appareils en 1995 à environ 105 dont 50 avions A400M. Dans le modèle d'armée prévu par le Livre blanc (2013), seuls les 50 A400M sont attendus. Enfin, le parc d'hélicoptères aura été divisé par deux en 25 ans dans l'armée de l'air.

c) Les matériels de l'armée de terre : l'évolution du format

Dans l'armée de terre, on observe une évolution vers un modèle d'armée composée de matériels aérotransportables et orientée vers la projection de forces, en lieu et place d'un modèle hérité de la guerre froide, où le nombre de blindés lourds destinés à la « guerre de plaine » était conséquent. La réduction du format est alors très parlante en ce qui concerne les chars lourds. Leur nombre est divisé par quatre en 25 ans. Si en 2009 on comptait 354 chars Leclerc, le format retenu par le Livre blanc ne porte plus que sur 254 chars (rénovés à compter de 2015) et celui de 2013 ne compte plus que 200 chars (probablement regroupés dans quatre régiments (Cazeneuve & Cornut-Gentille 2009, p.44)). Le nombre de chars légers, illustrés ici par les AMX10 est réduit de 15 %. Entre 1989 et 2020, le nombre de blindés légers et de blindés de transport est réduit de moitié. Le Livre blanc de 2013 entérine cette tendance. Entre 2000 et 2010, le nombre de poids lourds dans l'armée de terre est passé de 11 000 à 7 000 (Pastor et al., 2012, p. 20).

Si l'on regarde les hélicoptères, l'Aviation Légère de l'Armée de Terre (ALAT) – laquelle rassemble 70 % du total des hélicoptères des armées – est particulièrement touchée par la baisse du format. Elle s'adapte à une nouvelle donne stratégique centrée sur les Opex, la projection de force et l'appui direct des troupes au sol. L'ALAT a engagé un processus important de réduction de ses parcs. Au début des années 1990, son parc total était de 634 machines (Bombeau, 2010a, p. 14). Globalement, le nombre d'hélicoptère de l'ALAT est réduit de moitié entre 1990 et 2012. En prenant les projections à l'horizon 2020, le nombre d'hélicoptères aura diminué de 80 % sur 30 ans !

En 2002, l'ALAT comptait 411 aéronefs en service, dont 265 Gazelle, 124 hélicoptères de manœuvre et de liaison (dont 100 Puma, 24 Cougar, 18 Fennec et 4 Cougar Mk-1). En 2010, le parc de l'ALAT ne comptait plus que 345 machines dont 331 hélicoptères et 13 avions ((Bombeau, 2010a, p. 14). En 2012, l'ALAT compte 305 hélicoptères et 13 avions.

Cette décroissance des flottes se fait dans un contexte où les budgets sont fortement contraints, « la relève » arrive avec retard (cas du Tigre, du NH90) et les programmes de

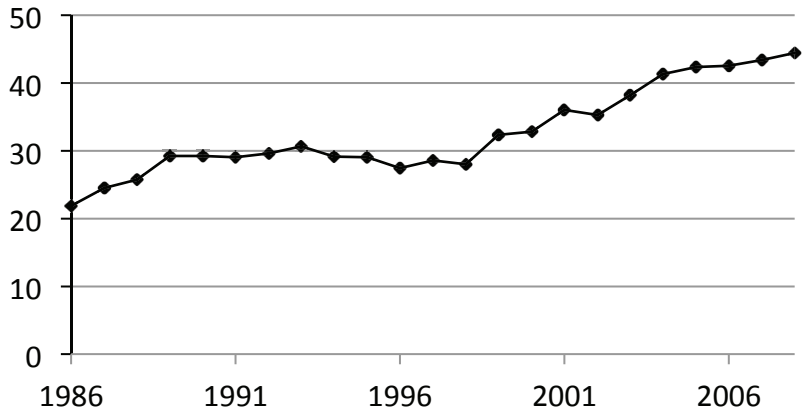
retrofit et modernisation arrivent à un moment où la disponibilité des flottes est déjà basse (en raison notamment de fortes sollicitations et un coût croissant du soutien de matériels vieillissants). L'ALAT doit globalement faire face aux glissements de calendriers. Il lui faudra en effet attendre début 2014 pour être en mesure de projeter un premier module de NH90 TTH (*Tactical Transport Helicopter*).

d) Les matériels des armées : une appréciation de l'évolution qualitative

Afin de compléter ce passage en revue du format des armées, nous essayons d'apprécier « l'intensité technologique » des armées à travers la dotation en capital investi par militaire.

Nous construisons d'abord un indice capitalistique militaire (ICM) défini comme le ratio entre les dépenses d'équipements et les effectifs militaires (effectifs civils exclus) à une période donnée :

Figure 14 Indice Capitalistique Militaire (ICM), 1986-2008 (milliers d'euros courants)



Source : auteur, d'après données du Ministère de la Défense

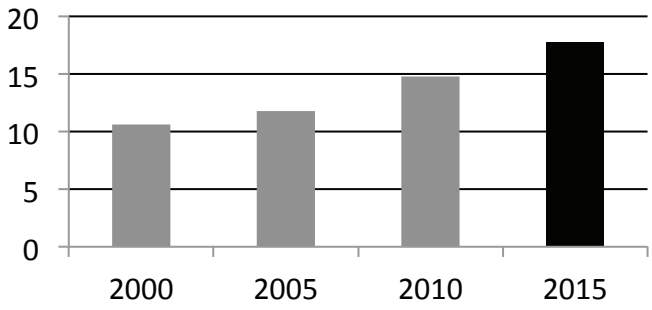
Les dépenses d'équipement par militaire étaient d'environ 22 000 euros en 1986 contre plus de 44 000 euros en 2008[92]. Globalement, la réduction du format des forces a permis une augmentation des ratios d'équipements par rapport aux effectifs militaires. Si ces ratios restent encore aujourd'hui nettement inférieurs à certaines armées professionnelles (*e.g.* l'armée britannique), il reste que la nouvelle structure de forces s'est clairement étoffée en dépenses d'équipement par militaire, par rapport au modèle hérité de la guerre froide.

[92] En prenant la période 1986-2008, on évite la rupture statistique provoquée par le retrait des forces de gendarmerie des statistiques officielles en 2009. L'analyse mériterait d'être prolongée avec un calcul de l'ICM jusqu'à nos jours, à périmètre constant.

Compte tenu du volume des équipements qui évolue à la baisse et la variation à la hausse de l'ICM, il est possible de conclure que les forces armées françaises sont moins nombreuses, avec moins de matériels militaires mais dont la valeur monétaire et *a priori* opérationnelle est plus élevée[93].

Enfin, nous pouvons compléter l'analyse en tenant compte des dépenses de R&D par militaire.

Figure 15 Dépenses de R&D par militaire (1999-2008, en milliers d'euros courants)



Source : Auteur d'après données OED

Les dépenses de R&D par militaire passent de 10 000 euros par militaire en 2000 à près de 15 000 euros par militaire en 2010. Selon certaines estimations, ce ratio pourrait atteindre les 17 000 euros par militaire à l'horizon 2015-2020. Ce nouvel indicateur va dans le sens de l'idée d'une armée avec un « format ramassé », mais incorporant des équipements plus « intense en technologie » (l'augmentation de la technologie étant ici supposée corrélée à l'accroissement des dépenses de R&D de défense).

Conclusion de la section 2

En conclusion de cette section, nous retenons que la part du revenu national consacrée à la défense tend à se réduire en tendance longue. L'effort de défense dans les années à venir doit théoriquement s'orienter vers une croissance des dépenses d'équipement, elle-même rendue possible grâce à des économies sur les dépenses de fonctionnement. Cet objectif est assez peu plausible compte tenu des premiers retours d'expériences sur les économies réalisées (qui ne sont pas toujours de l'ampleur souhaitée – les difficultés de mise en place de la réforme des bases de défense en témoignent) et du coût des matériels modernes à venir en

[93] En effet, le remplacement des matériels militaires ne se fait pas à technologie militaire constante. Comme le progrès technique dans l'industrie, la production de défense se caractérise par un « progrès militaire » lors du renouvellement des matériels. Les nouveaux matériels sont donc, *a priori*, plus performants sur le plan opérationnel.

remplacement des anciennes générations. Une autre option pour maintenir ces objectifs pourrait être une hausse du budget global, mais dans le contexte actuel des finances publiques de l'État, cette option nous paraît peu envisageable. D'ailleurs, le discours plus rationalisant du Livre blanc de 2013 en témoigne. De plus amples précisions à ce sujet seront certainement apportées par la prochaine Loi de Programmation Militaire à l'automne 2014.

Les formats des armées se réduisent, tant du point de vue des effectifs que du point de vue des matériels. La réduction du format est un phénomène assez ancien qui remonte au début des années 1990. Elle se poursuit toujours et les années 2011, 2012 et 2013 ont vu la dissolution de formations militaires et le retrait du service actif de nombreux matériels. Le Livre blanc de 2013 annonce également de nouvelles restructurations.

La décroissance des parcs et des flottes se fait dans un contexte où les budgets sont fortement contraints et où les coûts augmentent (maintenance des matériels, soutien général et Opex). Les matériels les plus anciens ne seront retirés que très progressivement du service, en attendant leur remplacement par des programmes régulièrement repoussés pour des raisons budgétaires (*cf.* NH90, Rafale). À l'horizon 2015-2020, les matériels seront moins nombreux, mais technologiquement plus complexes et coûteux à entretenir.

Les grandes tendances décrites dans les deux sections précédentes ont un impact sur l'organisation spatiale de la défense. Sur le plan spatial, la défense se réorganise au travers des dissolutions et des transferts d'effectifs, mais aussi des mutualisations de services et d'infrastructures. Cette réorganisation obéit à un jeu de forces entre impératifs opérationnels et stratégiques, mais aussi d'impératifs de rationalisation et de recherches d'économies. Dans la section suivante, nous cherchons à décrire et à analyser ces tendances spatiales, ainsi que leur conséquences pour les territoires dans lesquels s'insèrent les activités de défense.

Section 3 : Tendances spatiales dans les armées en France : rationalisation *versus* histoire

Si la question de la répartition spatiale des activités de défense (armées comme industries de défense) est souvent évoquée dans la littérature française en économie ou en géographie, force est de constater que l'on recense très peu d'analyses spatiales quantitatives en la matière. Les travaux que nous avons recensé sont plutôt d'ordre qualitatif (*cf.* par exemple Ginet (2011) et le numéro spécial de la *Revue Géographique de l'Est* consacré aux restructurations territoriale des armées). Lorsqu'il sont quantitatifs, ils sont soit anciens et très localisés (*cf.* la thèse de Monferrand (1972) portant sur la région Centre) ou encore, anciens et très statiques (c'est à dire avec des données prises à un point du temps, sans perspectives possibles de comparaison, *cf.* Regrain (1988)). La principale raison est la rareté de données régionalisées portant sur les activités de défense (armées comme industries de défense).

Néanmoins, la connaissance de la répartition spatiale des activités de défense et de son évolution est importante pour des raisons stratégiques liées à l'aspect militaire des productions, mais aussi pour les politiques d'aménagement du territoire. Nous pensons que cette connaissance de la répartition spatiale est d'autant plus importante que les réformes qui ont eu lieu ces dix dernières années, dans les armées comme dans les industries de défense, ont été considérables. Aussi, dans cette section, nous apportons une contribution à la connaissance de ces aspects géographiques et régionaux de la production de défense.

L'étude porte sur la France au travers des questions suivantes : Quelles sont les régions spécialisées dans les activités de défense ? Observe-t-on un accroissement de la spécialisation au niveau régional ? Quel est le niveau de concentration spatiale des activités de défense ? Assiste-t-on à une concentration accrue des activités de défense ? Si oui, au profit de quelles régions s'effectue-t-elle ? Les tendances sont-elles identiques dans les activités du ministère de la défense et dans les industries de défense ?

Autant de questions auxquelles nous pensons nécessaire d'apporter des éléments de réponse pour obtenir un panorama complet des reconfigurations de la défense, but de ce chapitre. Nous rassemblons alors des données concernant l'organisation administrative de la défense, les effectifs régionaux militaires et les effectifs salariés de l'industrie de défense sur la période 1990-2010. À partir de ces données, nous cherchons à mettre en évidence des tendances spatiales stylisées dans l'organisation des activités de défense. L'analyse quantitative est complétée par des tendances qualitatives portant sur les restructurations

contemporaines des armées. Enfin, dans la mesure où les questions d'aménagement du territoire sont très fortement liées à celle des restructurations de la défense, nous discutons des enjeux territoriaux des grandes tendances exposées tout au long du chapitre. Le concept original de « coût social de régression » (Allais, 1951; Lesourne, 1955) sur lequel nous nous appuyons apporte un éclairage pertinent pour la compréhension des reconfigurations géographiques de la défense.

3.1 Organisation administrative des armées, répartition spatiale des effectifs de la défense et implantations spatiales de la défense

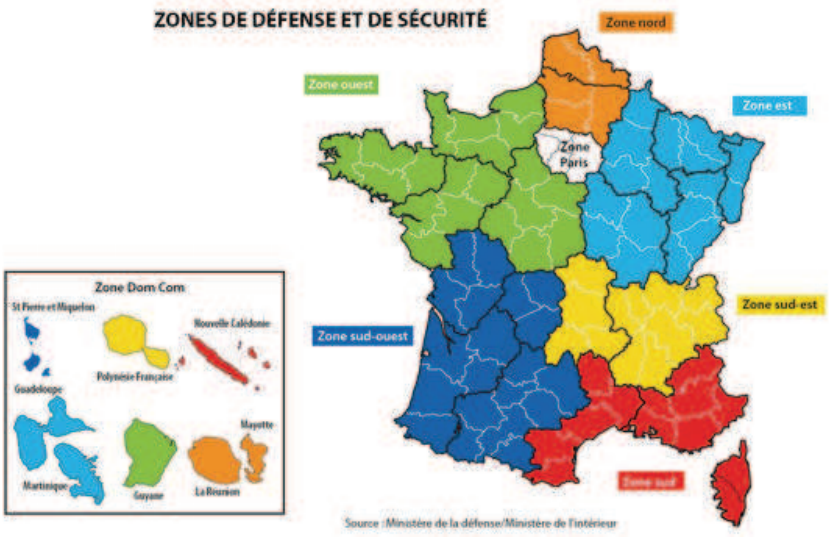
a) L'organisation administrative des armées

Nous présentons d'abord l'organisation administrative des armées. L'étude du découpage administratif des zones assujetties aux commandements des différentes armées permet de montrer que la rationalisation spatiale s'exerce sur les plans organique et administratif.

i) Organisation territoriale de la défense : sept zones de défense

La zone de défense est un échelon territorial qui vise à l'élaboration des mesures non militaires de défense à la coopération avec l'autorité militaire, la coordination des moyens de sécurité civile, l'administration d'un certain nombre de moyens du ministère de l'Intérieur. En France, il existe sept zones de défense, créées en 1959 et redécoupées en 2000. À leur tête se trouvent les préfets de zone, également préfets de la région et du département chef-lieu de la zone de défense.

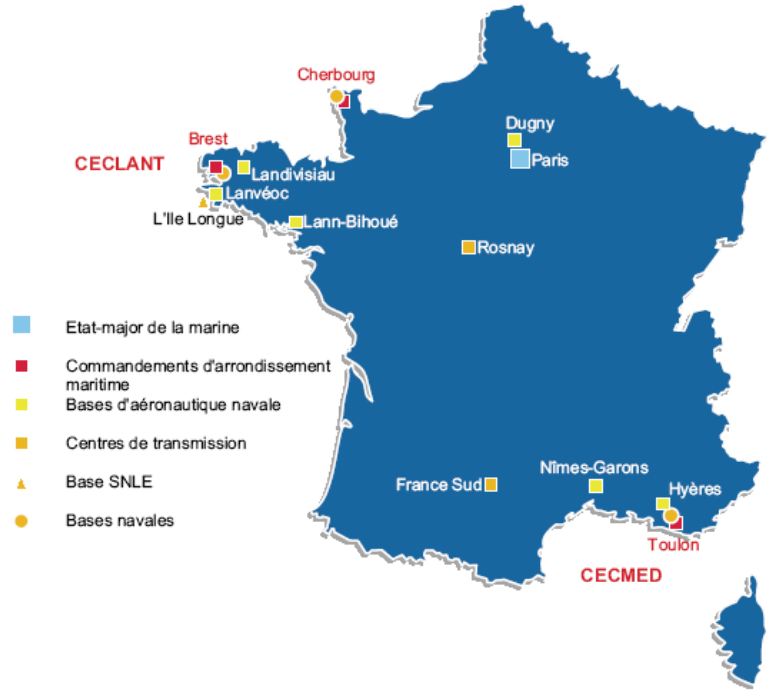
Figure 16 Les zones de défense en France



ii) Organisation territoriale de la marine nationale : cinq zones maritimes

La marine nationale s'organise à partir de zones maritimes placées sous la direction d'un commandant. Ces commandants sont responsables de la défense maritime du territoire dans le ressort de leur zone maritime, de la protection et la défense des installations de la marine nationale et, le cas échéant, d'installations intéressant la défense. Les commandants des zones maritimes atlantique (CECLANT), mer Méditerranée (CECMED), Manche – mer du Nord (COMAR Manche), océan Indien (ALINDIEN) et océan Pacifique (ALPACI) sont placés sous l'autorité directe du CEMA (Chef d'État-major des Armées) et exercent, pour son compte, le contrôle des forces maritimes qui y opèrent. Les commandants de zone maritime sont par ailleurs les préfets maritimes.

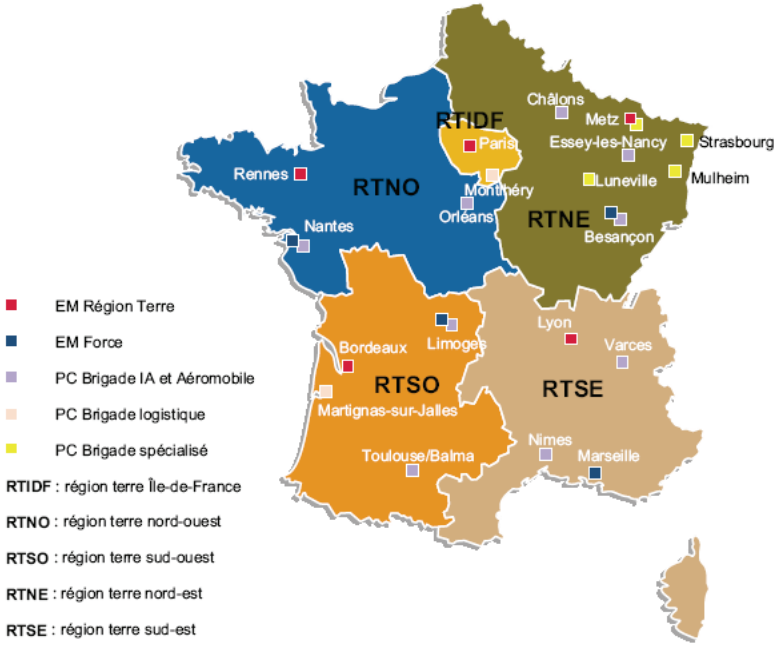
Figure 17 L'organisation administrative et territoriale de la marine



iii) Organisation territoriale de l'armée de terre : cinq régions terre

Le commandement de région terre dirige la totalité des formations de l'armée de terre stationnées sur sa région. De neuf régions terre en 1946 (Kintz, 2000), on est passé à cinq régions terre en 2010 : la région terre nord-est, la région terre sud-est, la région terre nord-ouest, la région terre sud-ouest et enfin la région terre Ile-de-France.

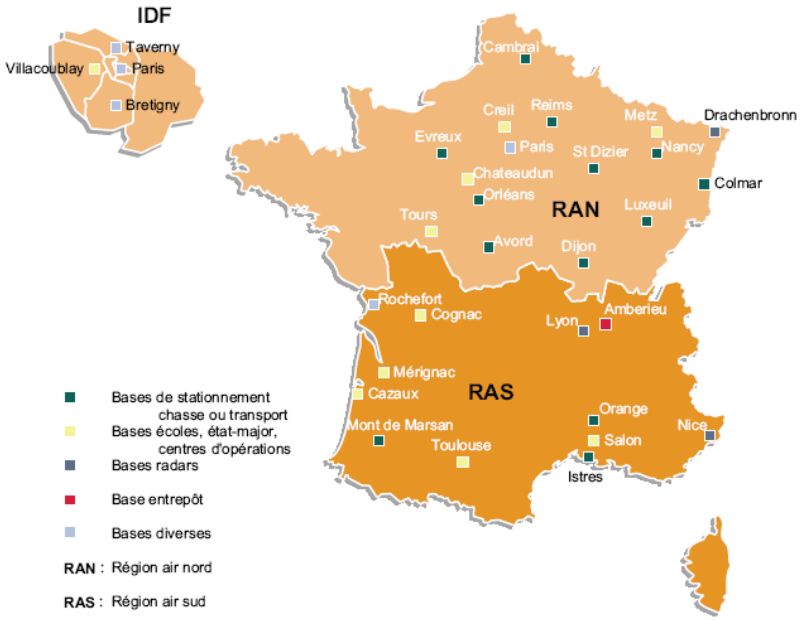
Figure 18 L'organisation administrative et territoriale de l'armée de terre



iv) Organisation armée de l'air : une zone aérienne unique

Auparavant, les commandements territoriaux de l'armée de l'air s'articulaient autour de régions aériennes (RA), au nombre de cinq à l'origine, nombre ramené à quatre par décret en 1962, puis à trois en 1991. En 2000 est mise en place une organisation comprenant deux Régions Aériennes : une RA Nord (RAN) et une RA Sud (RAS) (*cf.* carte ci-dessous). Cette dernière division territoriale est finalement abolie, et depuis 2008, l'armée de l'air est organisée à l'échelon national.

Figure 19 Organisation administrative et territoriale de l'armée de l'air (avant 2008)



b) Répartition spatiale des effectifs de la défense

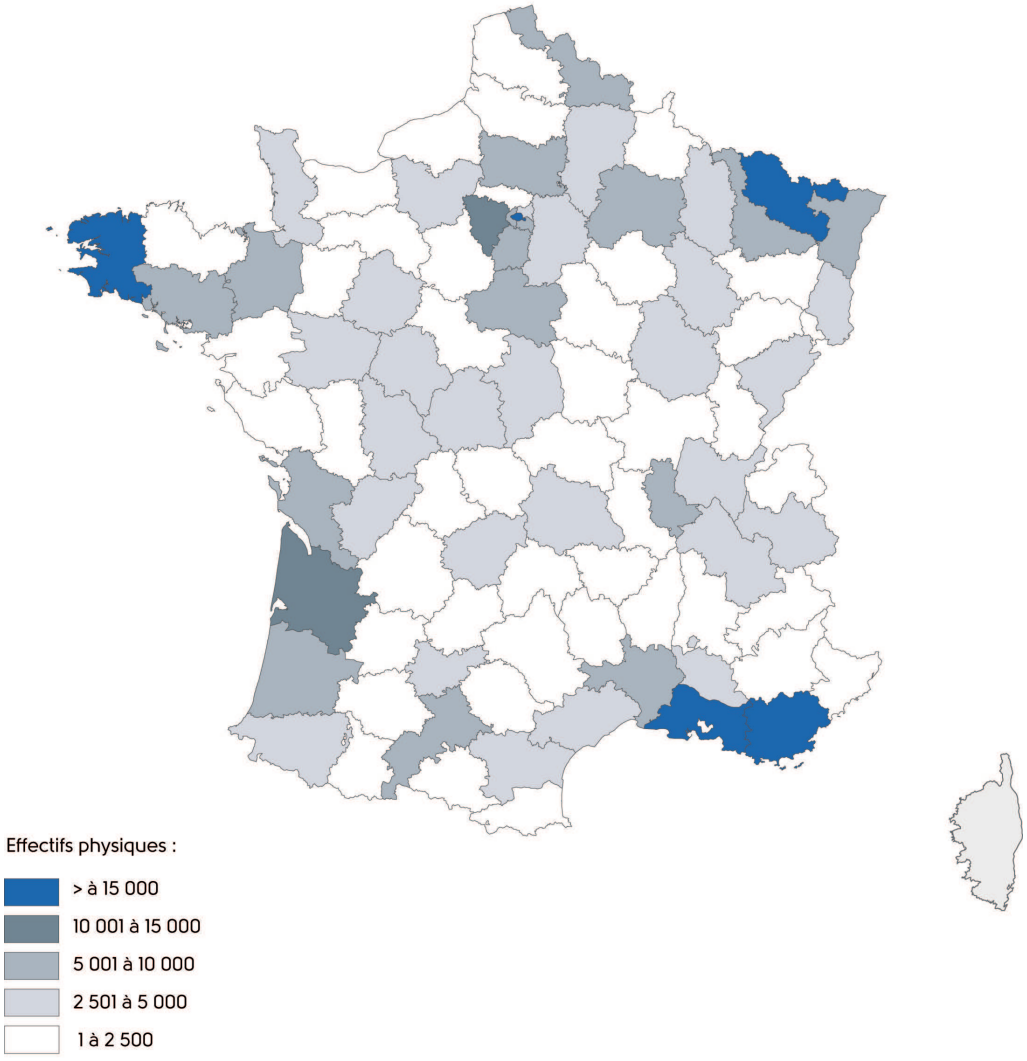
En France métropolitaine, 80 % des départements accueillent moins de 5 000 militaires et seuls trois départements accueillent plus de 15 000 ressortissants du ministère de la défense. En 2008, ces trois départements – Var, Finistère et Paris – concentraient 17 % des effectifs du ministère de la défense. Si on prend le Morbihan, les Bouches du Rhône et la Gironde dans le classement des départements accueillant le plus de militaires, 28 % des militaires sont concentrés dans six départements, dont deux en Bretagne (Morbihan et Finistère), deux en région PACA (Bouches du Rhône et Var), un en Aquitaine (Gironde). Enfin, Paris concentre 6 % des effectifs.

Les effectifs de la gendarmerie sont inclus dans les chiffres précédents. La prise en compte des données à partir de 2009 permet d'exclure les gendarmes des statistiques. Le Finistère, Paris et le Var concentrent alors 23 % des militaires. Si on rajoute la Moselle et les

Bouches du Rhône, 32 % des effectifs sont concentrés dans cinq départements (soit 4 % de la superficie du territoire métropolitain). En rajoutant la Gironde, les Yvelines et la Marne, 42 % des effectifs militaires sont concentrés dans huit départements (8 % de la superficie du territoire métropolitain).

Les cartes qui suivent montrent la répartition par département des effectifs du ministère de la défense (militaires et civils) en 2005 et 2010[94].

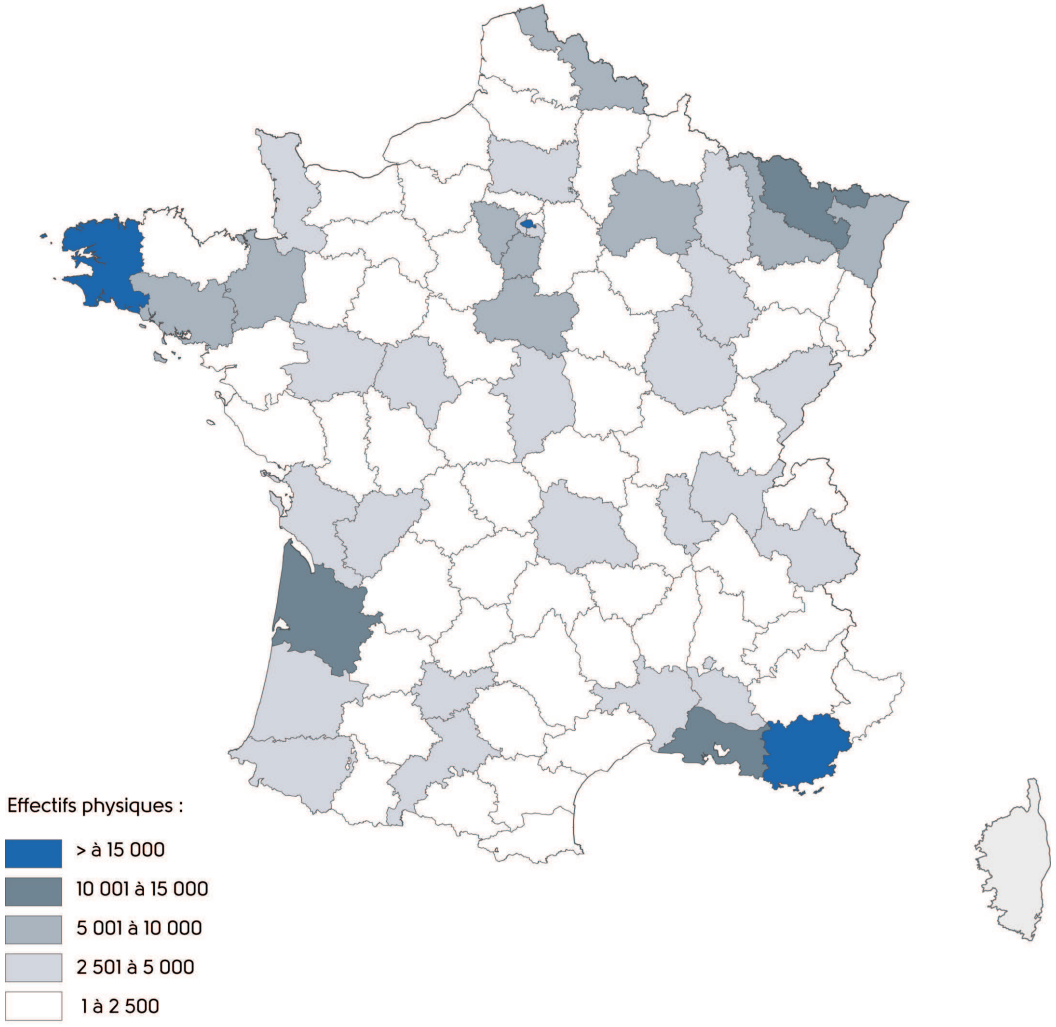
Figure 20 Effectifs du ministère de la défense en 2005 (civils et militaires)



Source : Données collectées par l'auteur sur requête spéciale, cartographie G. Millau (2012)

[94] Les données disponibles auprès du Bilan Social de la Défense ne permettent pas d'aller au-delà de 2005.

Figure 21 Effectifs du ministère de la défense en 2010 (civils et militaires)



Source : Données collectées par l'auteur sur requête spéciale, cartographie G. Millau (2012)

Nous pouvons tirer quelques conclusions sur la répartition spatiale des effectifs civils et militaires (ressortissants). Les départements accueillant moins de 2 500 ressortissants en 2010 sont beaucoup plus nombreux qu'en 2005. Ceci est lié au retrait de la gendarmerie des séries statistiques[95].

Les départements où les effectifs étaient les plus nombreux en 2005 le demeurent également en 2010, à savoir : la Moselle, le Finistère, la Gironde, le Var et les Bouches-du-Rhône. On retrouve soit des départements où l'armée de terre exerce une présence importante (quart nord-est historiquement et le sud pour des raisons de stratégie actuelle liée à la

[95] Cet « effet gendarmerie » peut être important. En effet, certains départements comme le Cantal, la Lozère ou la Haute Loire passent entre 2008 et 2009 de près 400 militaires à 2 militaires !

projection de forces), Finistère en raison de l'importance de la marine. Enfin la Gironde comme pôle aéronautique autour de Bordeaux.

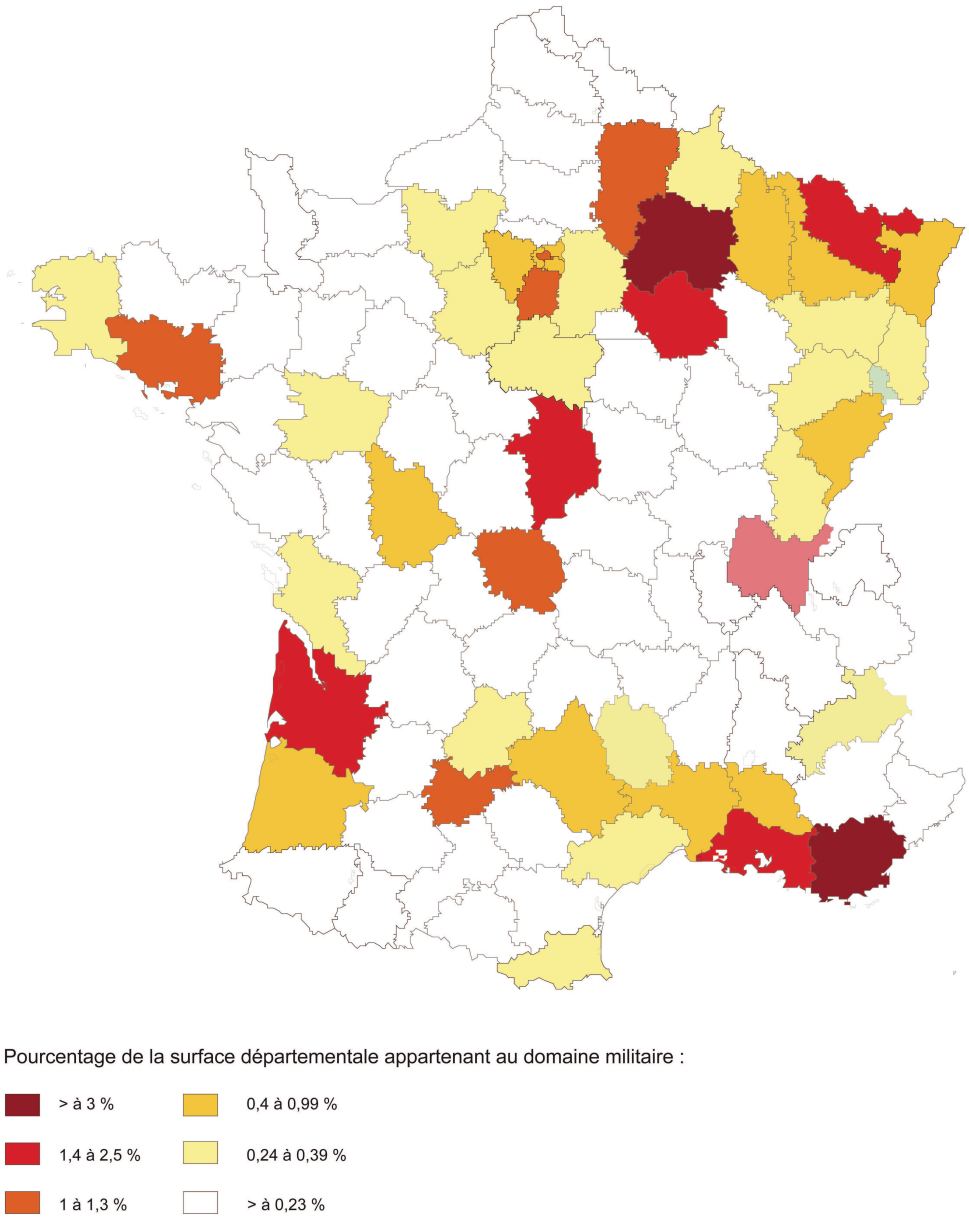
Cette approche cartographique mériterait d'être approfondie en prenant des tendances sur plus long terme (par exemple depuis les années 1980 ou 1990). Malheureusement, faute de données pour une année de référence, ceci n'est pas possible à l'échelle départementale. Néanmoins, nous verrons qu'il est possible d'aller plus loin dans l'analyse en utilisant les données régionales.

c) Les implantations spatiales de la défense

Afin d'avoir un aperçu des implantations de la défense, nous nous intéressons maintenant à l'espace occupé par le ministère de la défense en métropole. Pour cela, nous nous appuyons essentiellement sur deux années pour lesquelles nous avons réussi à collecter des données à l'échelle départementale (1985 et 2010). Les données portant sur 1985 sont extraites de Regrain (1988, p. 40). Celles pour l'année 2010 sont collectées par nos soins sur une requête spéciale auprès de l'ex bureau « Domaines » du ministère de la défense.

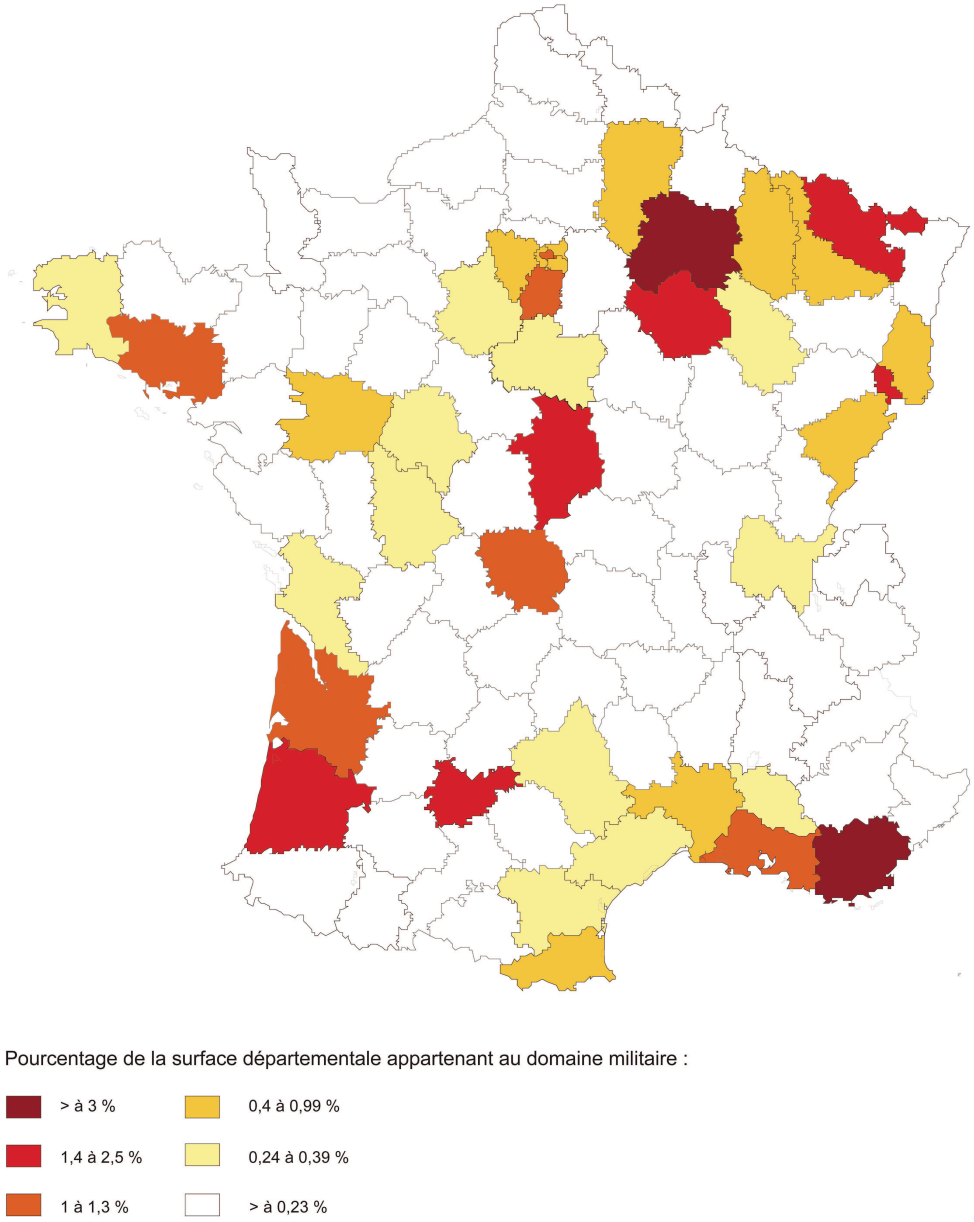
La représentation cartographique des données portant sur les emprises spatiales du ministère de la défense en 1985 et 2010 donne les résultats suivants :

Figure 22 Part des emprises foncières du ministère de la défense dans les départements métropolitains en 1985



Source : Données collectées par l'auteur, cartographie G. Millau (2013)

Figure 23 Part des emprises foncières du ministère de la défense dans les départements métropolitains en 2010



Source : Données collectées par l'auteur, cartographie G. Millau (2013)

S'il convient d'être prudent sur les conclusions que l'on peut tirer de ces cartes, il est néanmoins possible de dresser quelques tendances stylisées.

D'abord, la lecture des deux cartes précédentes nous montre que le quart nord-est est clairement la zone géographique où le ministère de la défense est spatialement le plus présent. Ce constat se fait sans grande surprise et résulte de l'importance de l'armée de terre et de l'armée de l'air dans cette zone frontalière. On distingue également l'importance spatiale de la défense sur la bande littorale méditerranéenne – « empreinte » liée à l'importance de la

marine et de l'armée de terre – et la façade sud-ouest atlantique – « empreinte » de l'aéronautique et de l'armée de terre –. La pointe de la Bretagne est aussi une zone où le ministère a une occupation de l'espace relativement importante (présence de la marine et de l'aéronavale). Enfin l'agglomération parisienne et surtout la ville de Paris occupent une portion non négligeable de l'espace détenu par le ministère, en 1985 comme en 2010.

Ensuite, les lieux où le ministère de la défense était spatialement très présents dans les années 1980, sont globalement les mêmes en 2010. Ceci va dans le sens d'un certain poids de l'histoire dans les implantations de la défense. De plus, le ministère de la défense semble être spatialement moins disséminé et notamment dans l'est de la France, en région parisienne et dans le sud méditerranéen.

Enfin, nous rajoutons que la tendance est à la réduction des emprises spatiales. Pour cette tendance, la nature des données pour 1985 empêche d'établir des statistiques précises[96]. Néanmoins, diverses lectures et travaux (la thèse de Kintz (2000) notamment) montrent que depuis 20 ans le ministère de la défense réduit ses emprises foncières et immobilières. Allant dans ce sens, et rien que sur la période 2007-2010, nous avons pu calculer que seuls cinq départements sur 96 voient une part de leur superficie appartenant au ministère augmenter. Il s'agit de l'Eure (+7,5 %), la Manche (+26 %), le Puy-de-Dôme (+10 %), le Var (+1 %) et le Vaucluse (+60 %).

Dans la sous-section suivante, nous approfondissons l'analyse des tendances spatiales. Pour cela, nous proposons une étude en statique comparative des effectifs militaires et de l'industrie de défense sur la période début des années 1990 – fin des années 2010 à l'échelle régionale. Sur la base de ces données, nous allons voir qu'il est possible d'identifier des grandes tendances spatiales. Compte tenu de la rareté des données (ou de leur difficile collecte), ce travail est original dans la littérature. Il constitue en outre une base de départ pour des analyses statistiques plus poussées qui peuvent être réalisées dans des travaux futurs.

[96] Les données pour 1985 sont en effet fournies par « tranches », ce qui donne une idée de l'évolution, mais empêche des comparaisons plus précises comme par exemple des écarts en variations relatives.

3.2 Les grandes tendances spatiales à l'échelle régionale sur la période 1990-2010

a) Effectifs militaires et effectifs de l'industrie de défense

i) Présentation des données

Nous revenons maintenant à l'échelle régionale pour laquelle nous disposons de statistiques permettant de remonter au début des années 1990. Les tendances spatiales sont réalisées en statique comparative (entre le début des années 1990 et la fin des années 2000). Nous nous intéressons aux effectifs militaires et aux salariés de l'industrie de défense.

Concernant les effectifs civils du ministère de la défense, nous ne disposons pas de données pour 1990. Aussi nos estimations sur les effectifs ne porteront que sur les effectifs militaires. Pour ces derniers, les données proviennent de l'Observatoire Economique de la Défense (OED) pour l'année 2008 (en prenant l'année 2008, nous évitons ainsi le problème de « l'effet gendarmerie »). Pour l'année 1990, nous reportons des données collectées auprès du ministère de la défense par Hébert (1994).

Concernant les salariés de l'industrie de défense, les données de 1992 sont présentées par Hébert (1994) sur la base de statistiques de la DGA et de données concernant les effectifs de l'industrie manufacturière par région (Insee). Les données pour 2009 sont construites à partir de statistiques sur l'emploi salarié des établissements industriels dans les régions de France (Insee). Les estimations récentes de l'emploi de défense proviennent du CIDEF (Conseil des Industries de Défense) et du ministère de la défense[97].

Du fait de l'imprécision portant sur l'estimation des effectifs des industries de défense et des difficultés pour obtenir ces informations, les données présentées ne peuvent être prises que comme des ordres de grandeur. Pour l'année 2009 et pour certaines régions, il s'est en effet avéré très difficile d'estimer avec précision les emplois dans l'industrie de défense (par exemple pour l'Alsace, le Nord-Pas de Calais ou la Bourgogne).

[97] Certaines de ces données sont présentées dans un rapport sur l'industrie de défense dans la région Centre (DIRECCTE 2012).

Tableau 7 Effectifs militaires et effectifs salariés de l'industrie de défense par région

Régions	Effectifs militaires en 1990	Effectifs militaires en 2008	Taux de variation 1990-2008	Effectifs industrie de défense en 1992	Effectifs industrie de défense en 2009	Taux de variation 1992-2009
Alsace	17 762	9572	-46 %	2 000	1 500	-25 %
Aquitaine	24 636	21786	-12 %	19 100	15 837	-17,08 %
Auvergne	4 990	5595	12 %	5 000	4 000	-20,00 %
Basse-Normandie	6 866	5048	-26 %	7 800	7 988	2,41 %
Bourgogne	9 874	7236	-27 %	3 900	2 000	-48,72 %
Bretagne	37 250	28478	-24 %	17 600	17 566	-0,19 %
Centre	21 626	19871	-8 %	14 200	16 484	16,08 %
Champagne-Ardenne	20 512	13246	-35 %	1 100	500	-54,55 %
Corse	4 003	3240	-19 %	20	0	-100,00 %
Franche-Comté	11 402	8716	-24 %	600	500	-16,67 %
Haute-Normandie	7 925	3908	-51 %	4 100	2 000	-51,22 %
Ile-de-France	55 536	52594	-5 %	91 500	58 975	-35,55 %
Languedoc-Roussillon	13 099	11415	-13 %	1 100	500	-54,55 %
Limousin	5 272	3761	-29 %	2 900	2 000	-31,03 %
Lorraine	37 734	24284	-36 %	1 100	500	-54,55 %
Midi-Pyrénées	16 514	13852	-16 %	12 500	10 250	-18,00 %
Nord-Pas de Calais	10 446	7940	-24 %	3 100	2 000	-35,48 %
Pays de la Loire	11 008	10811	-2 %	11 000	9 975	-9,32 %
Picardie	16 772	8983	-46 %	1 600	500	-68,75 %
Poitou-Charentes	16 185	11895	-27 %	5 900	4 000	-32,20 %
Provence-Alpes-Côte d'Azur	57 456	45171	-21 %	25 500	30 970	21,45 %
Rhône-Alpes	22 358	21339	-5 %	15 800	10 000	-36,71 %
France métropolitaine	**429 226**	**338 742**	-21 %	**247 420**	**198 545**	-19,75 %

Source : Conception de l'auteur

ii) Les effectifs militaires régionaux entre 1990 et 2008

Le tableau ci-avant montre que les effectifs militaires diminuent dans presque toutes les régions. En 20 ans, plus de la moitié des régions perdent plus du quart de leurs effectifs.

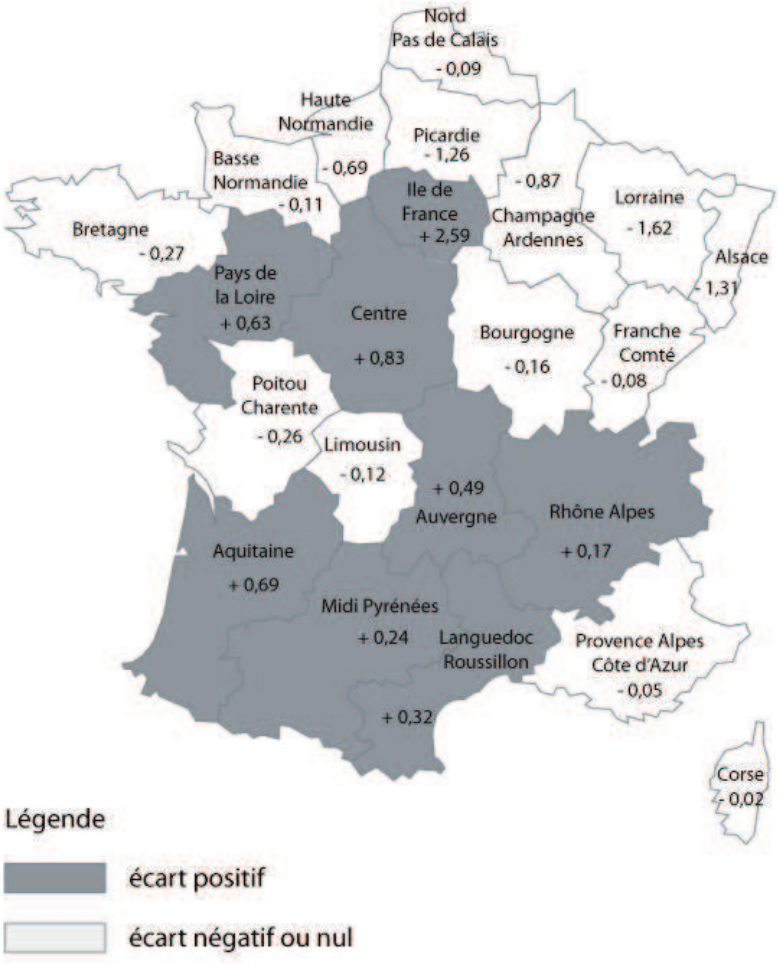
Les réductions sont très fortes pour la Haute-Normandie, l'Alsace, la Picardie ou la Champagne-Ardenne où les réductions d'effectifs dépassent les 30 %. D'autres régions à l'est

ou au nord sont également très touchées. Il s'agit de la Bourgogne, de la Basse-Normandie, du Nord-Pas de Calais et de la Franche-Comté. Les régions Poitou-Charentes et Bretagne, à l'ouest du pays, sont aussi très affectées avec respectivement des réductions d'effectifs de 27 % et 24 %.

Les régions plus au sud sont globalement moins affectées. Si la région PACA accuse une baisse des effectifs militaires de 21 %, pour les régions Midi-Pyrénées, Languedoc-Roussillon, Aquitaine, Centre et Rhône-Alpes la baisse reste compris entre 5 % et 16 %. L'Auvergne gagne même des effectifs militaires (taux de variation de +12 %, ce qui représente 600 hommes).

La carte ci-dessous montre les variations en point de pourcentage de la part des effectifs régionaux dans l'ensemble des effectifs du ministère de la défense (civils et militaires) entre 1990 et 2008.

Figure 24 Variation en points de pourcentage de la part des effectifs militaires régionaux dans l'ensemble des effectifs militaires sur la période 1990-2008



Source : conception de l'auteur

Formellement, soit v_i le résultat reporté dans chaque région i sur la carte ci-dessus. Ce résultat est calculé comme suit :

$$v_i = \frac{n_{i2008}}{N_{2008}} - \frac{n_{i1990}}{N_{1990}} \quad (2.1)$$

avec n_{it} le nombre de personnels civil et militaire dans la région i au cours de l'année t et N_t l'effectif total du ministère de la défense pour l'année t (le ratio $\frac{n_{it}}{N_t}$ mesure alors la part qu'occupe une région i dans l'ensemble des effectifs du ministère de la défense l'année t). v_i est alors l'écart entre les ratios à deux périodes différentes (1990 et 2008 ici), soit un écart en points de pourcentage. La valeur de v_i permet de voir l'évolution de la valeur relative d'une région.

* Si $v_i > 0$, la région pèse relativement plus qu'à la période précédente.

* Si $v_i < 0$, la région pèse relativement moins qu'à la période précédente.

* Si $v_i = 0$, la région pèse relativement autant qu'à la période précédente.

La carte précédente montre que 8 régions sur 22 ont un écart positif. Elles pèsent relativement plus dans les effectifs totaux en 2008 qu'en 1990. Au contraire 16 régions ont un écart négatif. Ces régions ont un poids relatif dans les effectifs militaires totaux qui se réduit. Sur la base de ces résultats, nous proposons les quelques interprétations suivantes :

Globalement, les régions du nord-est pèsent relativement moins dans les effectifs de la défense à la fin des années 2000 qu'au début des années 1990. On observe aussi un mouvement de baisse de poids relatif dans le nord et le nord-ouest, dans une zone allant du Nord-pas-de Calais, Picardie, Haute-Normandie, Basse-Normandie et Bretagne. Ceci est cohérent avec les Livres blancs de 1994 et de 2008 qui annoncent un renforcement de la présence militaire dans le sud du pays, zone plus proche de l'arc de crise contemporain et donc des zones d'interventions potentielles.

Si les suppressions et les transferts d'effectifs opérationnels conduisent parfois à parler de Paris comme un « *désert militaire* » (Artioli, 2013), nos données montrent néanmoins que le poids relatif de l'Ile de France s'accroit entre le début des années 1990 et la fin des années 2000. Ceci est à rattacher aux nombreuses réformes des années 2000 qui ont conduit à centraliser certaines fonctions des armées à Paris, notamment dans l'administration centrale et le soutien. Enfin, les régions Centre et Pays de la Loire voient également leur part relative s'accroître. Ceci pourrait témoigner d'un certain recentrage de l'armée de terre dans ces

régions, autour des bases logistiques plus liées à la projection de forces, au détriment d'autres régions plus au nord ou à l'est du pays.

Comme contrepartie du déclin relatif du nord, nord-est et nord-ouest, on voit se renforcer le poids de régions au sud (*e.g.* Aquitaine, Midi-Pyrénées, Rhône Alpes, etc.).

Si certaines régions restent fortement militarisées (comme la Bretagne et la région PACA qui pèsent respectivement 8 % et 13 % dans les effectifs totaux du ministère en 2008) elles pèsent relativement moins dans les effectifs du ministère en 2008 qu'en 1990. Tout particulièrement, si la région PACA demeure la deuxième région accueillant le plus de militaires (45 171 en 2008), elle ne voit pas sa position se renforcer d'un point de vue relatif.

iii) Les effectifs salariés de l'industrie de défense

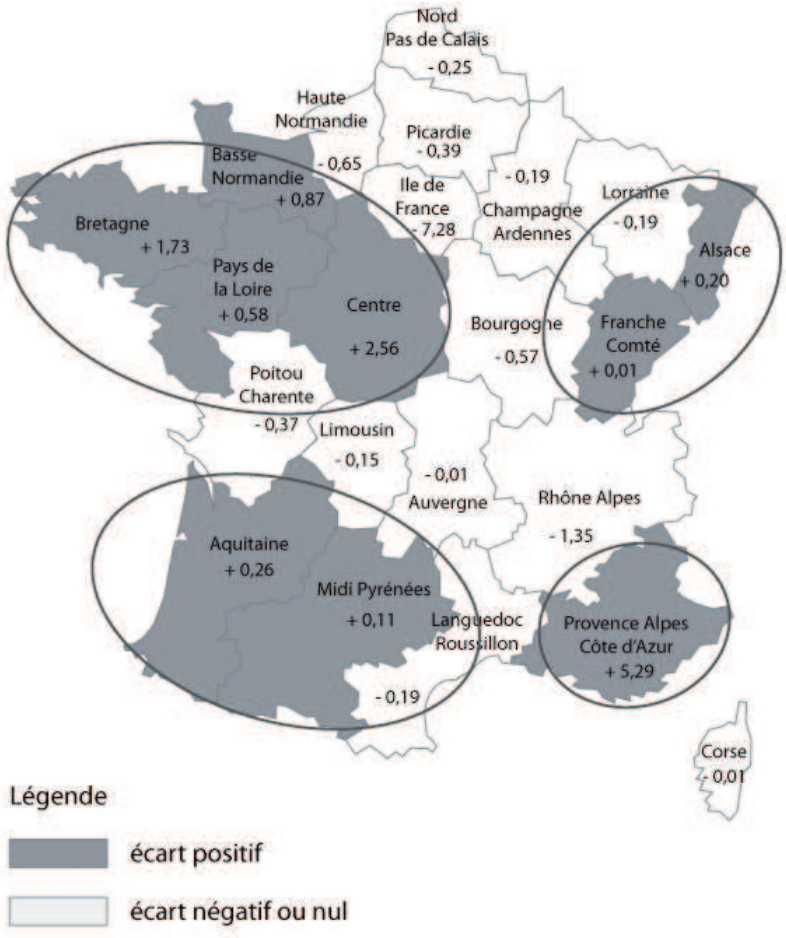
L'évolution des effectifs régionaux des salariés de l'industrie de défense est une conséquence des restructurations de cette industrie. Le tableau ci-avant montre que les régions à l'est du pays accusent les plus fortes réductions. Les effectifs diminuent de 70 % en Picardie, de 54 % en Champagne-Ardenne et en Lorraine, de près de 50 % en Bourgogne. La Franche-Comté et l'Alsace sont moins affectées par les restructurations.

Par rapport à l'est et au nord, les régions de l'ouest sont moins affectées par les réductions d'effectifs. La région Pays de la Loire voit ses effectifs se réduire de 10 %, la Bretagne de 0,2 % et la Basse-Normandie les voit progresser de 2 %. La Haute-Normandie fait figure d'exception avec une réduction de 50 % des effectifs, probablement en lien avec les restructurations du secteur naval.

Certaines régions du sud comme la région Languedoc Roussillon ou Rhône-Alpes sont fortement touchées par les réductions d'effectifs dans l'industrie de défense. Les régions du sud comme la région Midi-Pyrénées et Aquitaine sont relativement moins affectées, avec respectivement des réductions de 18 % et 17 %. La région Centre gagne des effectifs dans l'industrie de défense (+16 %) de même que la région PACA (+21 %).

La carte qui suit retrace les variations en point de pourcentage de la part des effectifs salariés régionaux de l'industrie de défense dans l'ensemble des emplois de l'industrie de défense sur la période 1992-2009.

Figure 25 Variation en points de pourcentage de la part des emplois dans l'industrie de défense par région dans l'ensemble des emplois de l'industrie de défense (1992-2009)



Source : conception de l'auteur

Comme précédemment, on s'intéresse aux variations en points de pourcentage de la part des emplois régionaux de l'industrie de défense dans l'ensemble des emplois de l'industrie de défense entre 1992 et 2009. Formellement, soit w_i le résultat reporté dans chaque région i. Ce résultat est calculé comme suit :

$$w_i = \frac{d_{i2009}}{D_{2009}} - \frac{d_{i1992}}{D_{1992}} \qquad (2.2)$$

Avec d_{it} le nombre d'emplois enregistrés dans l'industrie de défense dans la région t au cours de l'année t et D_t l'effectif total du ministère de la défense pour l'année t (le ratio $\frac{d_{it}}{D_t}$ mesure alors la part qu'occupe une région i dans l'ensemble des emplois de l'industrie de défense pour l'année t). La valeur de w_i permet de voir l'évolution du poids d'une région en termes d'emplois dans l'industrie de défense.

* Si $w_i > 0$, la région pèse relativement plus qu'à la période précédente.

* Si $w_i < 0$, la région pèse relativement moins qu'à la période précédente.

* Si $w_i = 0$, la région pèse relativement autant qu'à la période précédente.

La carte précédente montre que 9 régions sur 22 ont un écart positif. Au contraire 13 régions ont un écart négatif. Sur la période 1992-2009, le calcul de ces ratios montre la structuration de quatre « pôles régionaux », définis sur la base d'une contiguïté régionale :

- Un pôle « Basse-Normandie-Bretagne-Pays de la Loire-Centre » (1)

- Un pôle « Aquitaine et Midi-Pyrénées» (2)

- Un pôle « PACA » (3)

- Un pôle « Alsace-Franche-Comté » (4)

Ces pôles sont issus de l'histoire et des restructurations de l'industrie de défense pendant les années 1990-2000. En adoptant une certaine prudence face à ces résultats agrégés et, compte tenu de notre connaissance de la répartition régionale des activités industrielles de défense, nous remarquons une certaine cohérence entre ces pôles et les spécialisations régionales en matière d'industrie de défense.

Un grand pôle « Basse-Normandie-Bretagne-Pays de la Loire-Centre » peut s'identifier aux productions dans la construction et l'entretien naval (Cherbourg, Brest, Lorient et Saint-Nazaire) et dans l'électronique (Rennes, Lannion) pour les zones nord et ouest et autour des systèmes de défense terrestres (électronique embarquée, matériaux, etc.) pour la zone Centre.

Le pôle « Aquitaine & Midi-Pyrénées» est à rattacher aux activités aéronautiques. Les villes de Bordeaux et Toulouse accueillent en effet de grands équipementiers du secteur aéronautique (Dassault pour Bordeaux, EADS pour Toulouse).

Le pôle « PACA» s'orienterait plus vers l'électronique et l'informatique avec la présence de sites « phares » en la matière comme Sophia-Antipolis à Nice ou encore le pôle mer PACA à Toulon.

Enfin, le pôle autour de l'Alsace et de la Franche-Comté est plus difficile à identifier. Cependant, nous suggérons que les activités autour de la miniaturisation et de la microtechnique n'y sont pas étrangères, tant sont nombreuses leurs applications dans les systèmes de défense modernes. Sur ces territoires et autour de ces activités, ces dernières années ont vu se développer des pôles de compétitivité tel que « microtechniques » ou « Plastipolis » en Franche-Comté ou « véhicule du futur » en Alsace.

Nous notons une valeur d'écart relativement importante et négative pour l'Ile de France, ce qui témoigne d'une baisse du poids relatif de la région parisienne dans la production industrielle de défense (du moins en termes d'effectifs). Nous notons également des valeurs d'écart importantes et positives pour les régions Centre et PACA. Leur part relative évolue donc fortement à la hausse.

b) Les activités de défense dans les régions françaises : spécialisation et concentration

La spécialisation géographique correspond à la concentration des activités d'une région dans un ou plusieurs secteurs alors que la concentration géographique mesure la concentration d'un secteur particulier dans une région (Houdebine, 1999). Nous mesurons l'évolution de la spécialisation régionale dans l'industrie de défense et en termes d'effectifs militaires à l'aide de l'indice d'Hoover-Balassa. Puis, nous nous intéressons à la concentration régionale de l'industrie de défense et des effectifs militaires à partir de deux indices : l'indice de Herfindahl et l'indice de Theil.

i) La spécialisation régionale dans l'industrie de défense : l'indice d'Hoover-Balassa

La spécialisation mesure le poids d'un secteur dans l'activité économique totale d'une région. En examinant la spécialisation d'une région par rapport à un ensemble de références qui est souvent l'économie nationale, l'indice de spécialisation mesure ce poids relatif. Un exemple d'indice de ce type est celui d'Hoover-Balassa (Balassa, 1965).

Cet indice a notamment été utilisé pour déterminer les spécialisations relatives des régions en emplois « de nouvelles technologies » aux États-Unis dans les années 1980 (Glasmeier *in* Castells (1985) ; Markusen *et al.* (1986)) et plus récemment l'emploi industriel des régions françaises (Job, 2012) ou la spécialisation des régions françaises dans la logistique (Masson & Petiot, 2012).

L'indice correspond au rapport entre le poids d'un secteur d'activité dans une région et le poids de ce même secteur d'activité dans le pays. Si l'indice est supérieur à 1, la spécialisation régionale est plus forte que la spécialisation nationale, et inversement s'il est inférieur à 1.

Nous calculons cet indice pour les deux dates auxquelles nous possédons des données dans l'industrie de défense : 1992 et 2009. Ceci permet de comparer les spécialisations relatives des régions et de mesurer leur évolution relative sur la période. Suivant Jayet (1993,

p. 18), nous calculons pour chaque région et pour une date donnée, un indice s_i de spécialisation (ou Hoover-Balassa) pour l'industrie de défense :

$$s_i = \frac{d_i/m_i}{D/M} \; i = 1, \dots, R \qquad (2.3)$$

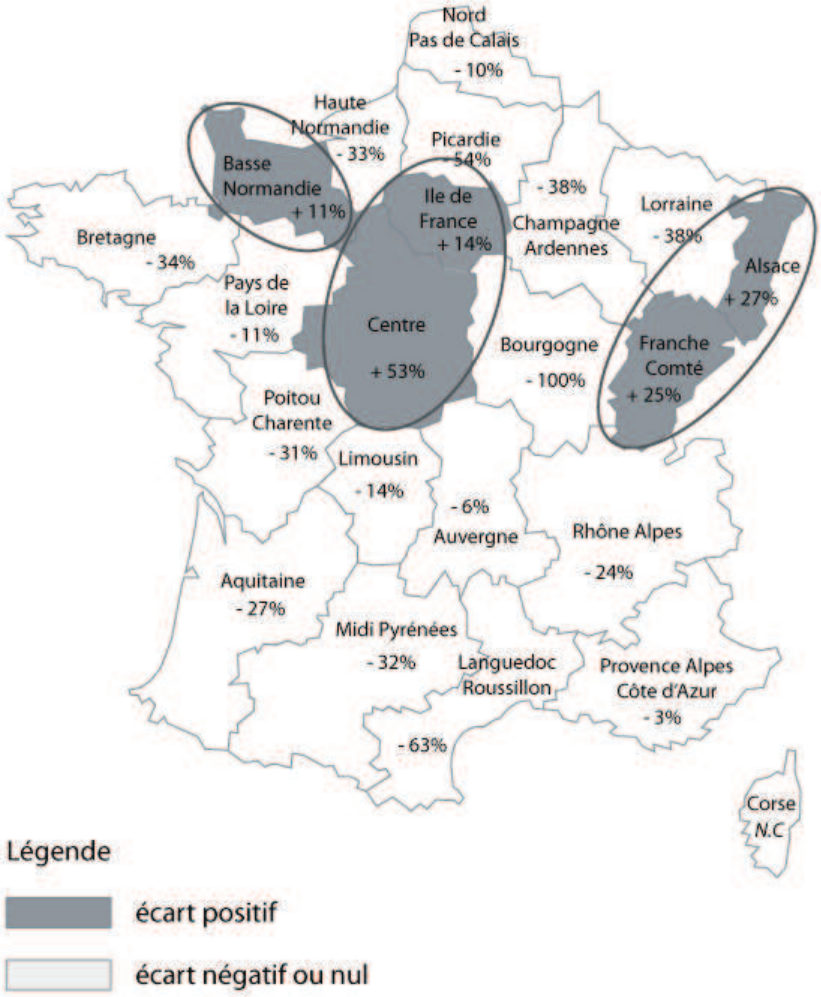
Avec R le nombre de régions dans le pays considéré, d_i l'emploi dans l'industrie de défense dans la région i ; m_i, l'emploi industriel dans la région i ; D, l'emploi total de défense dans l'ensemble de l'économie, et M, l'emploi industriel total dans l'ensemble de l'économie. Un indice dont la valeur est supérieure à 1 indique une spécialisation relative de la région ($s_i > 1$). La région est considérée comme relativement plus spécialisée qu'une autre région dans cette activité car l'activité industrielle de défense y occupe une place plus importante qu'ailleurs dans l'économie. Le calcul de l'indice d'Hoover-Balassa donne les résultats ci-dessous :

Tableau 8 Indice d'Hoover-Balassa dans l'industrie de défense (1992-2009)

Régions	Coefficient de spécialisation en 1992	Coefficient de spécialisation en 2009	Taux de variation du coefficient de spécialisation
Alsace	0,191	0,246	29 %
Aquitaine	2,526	1,875	-26 %
Auvergne	0,860	0,822	-4 %
Basse-Normandie	1,356	1,534	13 %
Bourgogne	0,473	0,653	38 %
Bretagne	2,513	1,704	-32 %
Centre	1,090	1,704	56 %
Champagne-Ardenne	0,149	0,094	-37 %
Corse	0,276	NR	NR
Franche-Comté	0,072	0,092	28 %
Haute-Normandie	0,401	0,272	-32 %
Ile-de-France	1,757	2,045	16 %
Languedoc-Roussillon	0,328	0,122	-63 %
Limousin	1,045	0,923	-12 %
Lorraine	0,100	0,063	-37 %
Midi-Pyrénées	1,721	1,193	-31 %
Nord-Pas de Calais	0,168	0,154	-8 %
Pays de la Loire	0,749	0,682	-9 %
Picardie	0,157	0,073	-53 %
Poitou-Charentes	1,037	0,735	-29 %
Provence-Alpes-Côte d'Azur	3,443	3,409	-1 %
Rhône-Alpes	0,516	0,403	-22 %

Source : calculs de l'auteur

Figure 26 Taux de variation de l'indice d'Hoover-Balassa dans l'industrie de défense (1992-2009)



Source : conception de l'auteur

Les régions les plus spécialisées dans les industries de défense, en 2009 comme en 1992 sont : PACA, Ile de France, Aquitaine, Bretagne, Basse-Normandie, Midi-Pyrénées et Centre (indice supérieur à 1,5). Au contraire, les régions au nord et nord-est sont peu spécialisées dans les industries de défense. Il s'agit de : la Champagne-Ardenne, la Lorraine, la Franche-Comté, le Nord-Pas de Calais ou la Picardie (indice inférieur à 0,5). Ces résultats concordent avec l'histoire de France et notamment une localisation historique de « la menace » à l'est du pays.

L'étude de la variation de la spécialisation relative montre que parmi les régions spécialisées, certaines renforcent leur spécialisation relative. Il s'agit de la Basse-Normandie,

de l'Ile de France et de la région Centre (la variation relative de leur indice de spécialisation est positive entre 1992 et 2008).

Au contraire, d'autres régions, bien que toujours spécialisées, réduisent leur spécialisation relative (la variation relative de leur indice de spécialisation est négative entre 1992 et 2009). Il s'agit notamment de la Bretagne, de la région PACA, de l'Aquitaine et de la région Midi-Pyrénées).

Fait notable, l'Alsace et la Franche-Comté, bien que relativement non spécialisée en 1992 comme en 2009 (indice < 1) accroissent leur spécialisation relative. Cette augmentation de la spécialisation relative va dans le sens de nos remarques précédentes sur le poids relatif des industries de défense dans un pole « Alsace-Franche-Comté ».

ii) La spécialisation régionale dans les activités militaires : l'indice d'Hoover-Balassa

Nous calculons maintenant un indice de spécialisation à partir des effectifs militaires pour 1990 et 2008, dates pour lesquelles nous possédons des données (2008 est retenue pour des questions d'homogénéité statistique liées au retrait de la gendarmerie des séries en 2009).

Nous calculons la spécialisation relative par rapport à la population totale. Ce choix de la population totale au dénominateur se justifie par le fait que la défense est un service public concernant l'ensemble de la population. Un tel choix est courant dans la littérature lorsqu'on s'intéresse aux spécialisations régionales dans des services publics.

Comme précédemment, on calcule pour chaque région et pour une date donnée, un indice s_i de spécialisation concernant les effectifs militaires et la population totale :

$$s_i = \frac{n_i/P_i}{N/P} \; i = 1, \dots, R \qquad (2.4)$$

Avec R le nombre de régions dans le pays considéré, n_i le nombre de militaires dans la région i ; P_i, la population totale dans la région i ; N, l'emploi total de défense dans l'ensemble de l'économie, et P, la population totale. Le calcul de l'indice d'Hoover-Balassa donne les résultats ci-dessous :

Tableau 9 Indice d'Hoover-Balassa pour les effectifs militaires (1990-2008)

Régions	Indice Hoover Balassa 1990	Indice Hoover Balassa 2008	Taux de Variation de l'indice Hoover Balassa 1990-2008
Alsace	1,442	0,958	-34 %
Aquitaine	1,162	1,253	8 %
Auvergne	0,498	0,768	54 %
Basse-Normandie	0,651	0,633	-3 %
Bourgogne	0,809	0,812	0,4 %
Bretagne	1,757	1,654	-6 %
Centre	1,203	1,443	20 %
Champagne-Ardenne	2,007	1,826	-9 %
Corse	2,109	1,955	-7 %
Franche-Comté	1,371	1,376	-0,4 %
Haute-Normandie	0,602	0,393	-35 %
Ile-de-France	0,687	0,827	20 %
Languedoc-Roussillon	0,817	0,806	-1 %
Limousin	0,962	0,935	-3 %
Lorraine	2,159	1,906	-12 %
Midi-Pyrénées	0,896	0,892	-0,4 %
Nord-Pas de Calais	0,347	0,363	4 %
Pays de la Loire	0,475	0,563	19 %
Picardie	1,222	0,867	-29 %
Poitou-Charentes	1,338	1,246	-7 %
Provence-Alpes-Côte d'Azur	1,780	1,704	-4 %
Rhône-Alpes	0,551	0,637	16 %

Figure 27 Taux de variation de l'indice d'Hoover Balassa pour les effectifs militaires (1990-2008)

Source : conception de l'auteur

Les régions les plus spécialisées dans la défense, du point de vue des effectifs militaires, (indice > 1) sont globalement les mêmes en 1990 et en 2008. Cela témoigne à nouveau d'un certain poids de l'histoire dans la localisation des effectifs militaires. Nous parlons alors de régions « historiquement dépendantes ».

Parmi ce groupe de régions « historiquement dépendantes », on retrouve notamment la Champagne-Ardenne, la Lorraine, la Franche-Comté et l'Alsace pour l'est du pays[98]. On retrouve aussi la région Centre. À l'ouest on retrouve la Bretagne et la région Poitou-Charentes. Enfin au sud, on retrouve les régions Aquitaine, PACA et la Corse.

[98] Avec toutefois un indice légèrement inférieur à 1 en 2008 pour l'Alsace.

Globalement, l'examen des indices montre une spécialisation relative liée à la présence des armées dans l'est du pays, dans des régions particulièrement marquées par la présence historique de l'armée de terre (Lorraine, Champagne-Ardenne, Franche-Comté, Picardie, Alsace). La lecture en statique comparative montre toutefois que si ces régions restent relativement très militarisées, leur spécialisation relative se réduit entre 1990 et 2009. Nous observons en effet une variation négative de leur spécialisation relative, en termes de nombre de militaires rapportés à la population régionale totale.

Il en va de même pour certaines régions de l'ouest comme la Bretagne (marquée par la présence de la marine), la région Poitou-Charentes (marquée par la présence historique de l'armée de terre) ou encore la région PACA (marquée par la présence historique de la marine). Ces régions, bien que restant relativement spécialisées en 2008, le sont moins qu'en 1990. Ces observations vont dans le sens d'une moindre spécialisation militaire dans les régions historiquement liées à la défense.

Deux régions, relativement militarisées en 1990 (Aquitaine et Centre) ont une spécialisation régionale qui s'accroît sur la période. Ce résultat est cohérent avec les renforcements de la présence de l'armée de terre dans la région Centre et de l'armée de l'air dans la région de Bordeaux autour du développement des activités aéronautiques.

D'autres régions comme la région Pays de la Loire, la région Rhône-Alpes, l'Ile de France et surtout l'Auvergne restent relativement peu spécialisées (indice de spécialisation inférieur à 1 en 1990 comme en 2008), mais avec une spécialisation relative en hausse sur la période. Pour la région Pays de la Loire, Rhône-Alpes et l'Auvergne les éléments explicatifs manquent et il faudrait certainement regarder du côté des choix stratégiques de localisation des troupes, peut être en lien avec les localisations de l'armée de terre et la projection de forces. En revanche, concernant l'Ile de France, ces résultats vont toujours dans le sens d'un certain renforcement de la spécialisation de la région. Nous pensons qu'ils sont à mettre en relation avec les mouvements de concentration des fonctions administratives sur Paris.

En conclusion, en adoptant une certaine prudence, nos résultats tendent à suggérer une certaine hystérèse dans les spécialisations relatives en termes d'effectifs militaires et une tendance à la déspécialisation relative des régions historiquement spécialisées. Cette tendance à la déspécialisation relative est plus forte à l'est, au nord et au nord-ouest qu'au sud du pays. En effet, concernant le sud, si certaines régions historiquement très spécialisées (*e.g.* PACA) ou moyennement spécialisées (*e.g.* Languedoc-Roussillon ou Midi-Pyrénées) vont plutôt vers déspécialisation relative, l'ampleur de cette déspécialisation est moindre que pour les régions

de l'est, du nord ou de l'ouest. D'un autre côté, toujours au sud, d'autres régions historiquement moins spécialisées renforcent leur spécialisation relative (*e.g.* Auvergne, Rhône-Alpes). Enfin, fait notable, l'Aquitaine, historiquement spécialisée, renforce sa spécialisation relative sur la période (augmentation de 8 % de l'indice). Enfin, l'examen des variations de spécialisation tend à suggérer que ce sont plutôt les régions centrales du pays qui ont accru leur spécialisation relative.

iii) La concentration régionale : l'indice d'Herfindahl

L'indice de concentration spatiale d'Herfindahl compare la répartition des effectifs du secteur de la défense dans un espace géographique découpé en R régions. L'indice d'Herfindahl correspond à la somme des carrés des parts d'un secteur donné dans la zone considérée (Sapir, 1996, p. 459). Cet indice varie entre $\frac{1}{R}$, R étant le nombre de régions et 1. Il vaut 1 (maximum de l'indice) quand tous les effectifs du secteur sont concentrés dans une seule zone et est minimal quand les effectifs sont répartis équitablement entre les zones.

Soit HEM l'indice d'Herfindahl pour les effectifs militaires :

$$HEM = \sum_{i=1}^{R} \left(\frac{n_i}{N}\right)^2 \tag{2.5}$$

Avec n_i les effectifs militaires dans la région i et $N = \sum_{i=1}^{R} n_i$, les effectifs militaires dans le pays.

Soit HID l'indice d' Herfindahl pour les industries de défense :

$$HID = \sum_{i=1}^{R} \left(\frac{d_i}{D}\right)^2 \tag{2.6}$$

Avec d_i l'emploi de l'industrie de défense dans la région i et $= \sum_{i=1}^{R} d_i$, l'emploi total dans l'industrie de défense dans le pays.

Nous présentons les indices d'Herfindahl pour les effectifs militaires calculés en 1990 et en 2008. Compte tenu des buts de l'exercice, couvrir une période d'environ une vingtaine d'années nous paraît satisfaisant. Il aurait été possible de calculer l'indice pour une date postérieure à 2008 mais, compte tenu du retrait de la gendarmerie des séries à partir de 2009, pour des questions d'homogénéité dans les données, il aurait fallu avoir les effectifs de la gendarmerie en 1990 (ce que nous n'avions pas). De même pour l'indice d'Herfindahl

concernant l'industrie de défense, un calcul d'indice après 2009 aurait été intéressant, mais là encore, l'absence de données suffisamment fiables nous contraint à nous focaliser sur l'année 2009. Nos remarques précédentes valent également pour le calcul de l'indice de Theil.

Tableau 10 Indice d'Herfindahl des effectifs militaires (HEM) (1990-2008) et des effectifs de l'industrie de défense (HID) (1992-2009)

	Indice d'Herfindahl				
	Min.	**1990**	**2008**	**Max.**	Taux de variation de l'indice
HEM	0,0454	0,071	0,076	1	+7 %
	Min.	**1992**	**2009**	**Max.**	Taux de variation de l'indice
HID	0,0454	0,1732	0,1417	1	-20 %

L'Indice d'Herfindahl des effectifs militaires (HEM) a augmenté d'environ 7 % sur la période. Les effectifs militaires se sont plutôt concentrés sur la période. Ceci peut s'interpréter comme une conséquence des différentes restructurations des armées dans les années 1990 et 2000 qui ont poussé à la concentration des effectifs. Ceci va dans le sens d'une rationalisation des armées par densification des sites, conformément à ce qui est annoncé dans les différentes réformes (Livre blanc et RGPP notamment).

L'indice d'Herfindahl des effectifs de l'Industrie de Défense (HID) a diminué d'environ 20 %. Globalement, on peut dire que les effectifs de l'industrie de défense sont moins concentrés sur le territoire national à la fin des années 2000 qu'au début des années 1990. Même si ces résultats sont quelques peu « grossiers », ceci nous semble aller dans le sens d'une certaine « périphéricisation » des industries de défense au détriment de la région parisienne (du point de vue des effectifs).

iv) La concentration régionale : l'indice de Theil

L'indice de Theil (1967) est un autre indice permettant de caractériser la distribution spatiale d'une activité (Crozet & Lafourcade 2009, p.25). Dans un pays donné et pour une activité donnée (*e.g.* la défense), en considérant R régions ($r = 1, \dots, R$), l'indice de Theil (T) est donné par l'expression suivante (Combes *et al*. 2006) :

$$T = \sum_{r=1}^{R} \frac{A_r}{A} log\left(\frac{A_r}{A/_R}\right) \qquad (2.7)$$

A_r est la taille de l'activité au sein de la région r, A est l'activité totale en France ($A = \sum_{r=1}^{R} A_r$) et $\left(A/_R\right)$ le contrefactuel (ou situation de référence) vis-à-vis duquel la distribution

spatiale observée est comparée, à savoir ici l'équipartition spatiale des activités de défense (militaires ou salariés de l'industrie de défense) entre toutes les régions.

L'indice est nul si l'activité est uniformément distribuée $\left(A_r = {}^{A}/_{R}\right)$ pour toutes les régions). Au contraire, si toute l'activité est concentrée dans une seule région, l'index prend la valeur $Log(R) = Log(22) = 3{,}091$ (en prenant 22 régions en France). Zéro est donc la valeur minimale de l'indice et 3,091 sa valeur maximale.

Les valeurs intermédiaires de l'indice de Theil capturent divers degrés de concentration géographique des activités. Plus la valeur de l'indice est élevée, plus la concentration géographique de l'activité est importante.

Tableau 11 Indice de Theil pour les effectifs militaires (*T_mil*) (1990-2009) et pour les effectifs de l'industrie de défense (*T_ind*) (1992-2009)

	Indice de Theil				
	Min.	**1990**	**2008**	**Max.**	Taux de variation de l'indice
T_mil	0	0,247	0,282	3,091	14 %
	Min.	**1992**	**2009**	**Max.**	Taux de variation de l'indice
T_ind	0	0,798	0,723	3,091	-9 %

Les résultats pour cet indice vont dans le mêmes sens que ceux des indices d'Herfindahl. Ainsi, « l'indice de Theil militaire » (T_{mil}) augmente de près de 14 % entre 1990 et 2008. Du point de vue des effectifs militaires, la répartition géographique des armées apparaît plus concentrée en 2008 qu'en 1990. L'indice de Theil relatif aux effectifs de l'industrie de défense (T_{ind}) se réduit de 9 % entre 1992 et 2009. Du point de vue de la répartition régionale des effectifs salariés, l'industrie de défense apparaît géographiquement moins concentrée à la fin des années 2000 qu'au début des années 1990. Les facteurs explicatifs que nous proposons sont les mêmes que ceux proposés pour l'interprétation des indices d'Herfindahl

c) Tendances qualitatives : un triptyque dissolution, transfert, et mutualisation

Après ces quelques premières tendances quantitatives, une lecture plus qualitative des reconfigurations spatiales de la défense nous paraît complémentaire et indispensable. Cette lecture plus qualitative, doit se faire à la lumière des grands changements entrepris dans les Livres blancs (*cf.* section 1 de ce chapitre) , des modification des formats des armées

(*cf.* section 2 de ce chapitre) et des quelques tendances spatiales mises en évidence précédemment.

En considérant la période allant de 1990 à nos jours, la tendance est à la rationalisation dans la défense. Par rationalisation, nous entendons l'ensemble des processus (réformes, réorganisations industrielles, reconfigurations spatiales) orientés vers l'amélioration de l'efficience des forces armées, à savoir la réalisation d'un objectif de défense en cherchant à minimiser les coûts. Cet objectif est par exemple une production sociale de sécurité pour un pays et qui peut être stipulée dans un contrat (*e.g.* un Livre blanc). Pour le décideur public, l'enjeu consiste à rationaliser l'organisation des armées tout en adaptant une configuration spatiale héritée de l'histoire au contrat opérationnel des forces.

Trois objectifs officiels marquent le volet spatial des restructurations : « *la réduction de la dispersion des implantations militaires, le rapprochement interarmées, afin de permettre l'émergence de pôles opérationnels cohérents et la réalisation d'économies de fonctionnement* » (Eckert & Launay 2012, p.50). Ce processus de reconfiguration spatiale peut être décrit comme étant animé par un triple mouvement de dissolution, de transfert et de mutualisation.

Les dissolutions limitent les emprises géographiques – superficie occupée par le ministère de la défense – et permettent de réduire leur coût d'entretien. À titre d'illustration, la reconfiguration actuellement en cours entraîne pour la période 2009-2014 la cession de plus de 200 emprises en province, représentant environ 5 400 hectares (Eckert & Launay 2012, p.55). Les dissolutions touchent particulièrement le quart nord-est de la France. Les restructurations actuelles prévoient ainsi la fermeture de 83 sites ou unités entre 2009 et 2016. Sur cette période, la dissolution ne concerne pas moins de 20 régiments et bataillons ainsi que 11 bases aériennes. Rien que sur la période 2008-2011, le processus de restructuration s'est traduit par la fermeture de 13 états-majors, 12 régiments, 4 bataillons de l'armée de terre, 4 bases et établissements de l'aéronautique navale, 5 bases aériennes et 5 escadrons de chasse de l'armée de l'air. De 2012 à 2015, deux régiments, sept bases aériennes (dont trois outre-mer) et un escadron de chasse doivent encore être dissous. L'année 2012 a encore vu la dissolution de cinq régiments et de quatre bases aériennes (Boucheron 2011, p.38).

Les dissolutions vont souvent de pair avec des transferts. En plus de limiter le nombre de sites à entretenir, les transferts cherchent à optimiser la capacité des sites existants. Ainsi, dans le cas de l'armée de l'air, beaucoup estimaient qu'il n'y avait plus adéquation entre les zones d'entraînement et l'implantation issue de l'histoire. Cette logique a impliqué la

fermeture de bases aériennes comme celle de Colmar ou de Metz-Frescaty (dans le nord-est) avec un transfert des appareils vers d'autres bases. Dans l'armée de terre, on a assisté au départ du 503ème régiment du train du camp de Souge près de Bordeaux pour Nîmes, renforçant ainsi le principal axe logistique entre Metz et Marseille (point de départ important pour les Opex). Au total, dans la réforme actuelle, plus d'une trentaine de sites devraient être affectés par un déménagement d'une ville vers une autre.

Les mutualisations consistent à partager les coûts d'une prestation ou d'une infrastructure. Elles favorisent les économies d'échelles et la rationalisation de la main d'œuvre, notamment dans le soutien général. Elles existent déjà depuis plusieurs années *via* les prestations croisées entre armées et notamment dans certains processus de maintenance. Elles seront renforcées, notamment dans le soutien.

À titre d'illustration, dans le soutien administratif, le regroupement à Brest des différents centres du ministère de la défense dans un service unique a entraîné une division par deux du nombre total de personnels nécessaires au traitement de ces tâches, soit une économie de près de 350 postes (Cazeneuve & Cornut-Gentille 2012). Toujours dans le soutien général, sur la base de Metz-Thionville avant la mutualisation chacune des 30 unités soutenues possédait un service des ressources humaines. En 2012, il n'y a désormais plus qu'un seul service d'administration du personnel pour l'ensemble des 30 formations (Roger & Dulait, 2012, p. 27). À Draguignan, la mutualisation d'infrastructures entre l'école d'artillerie (EA) et l'école de l'infanterie (EI) devrait permettre la réalisation d'économies estimées à 32 % sur le budget annuel des deux écoles. Autre exemple, en 2009, la flotte d'hélicoptères Cougar du 1er RHC de l'armée de terre a été rapatriée à Pau, ce qui a permis de mutualiser les moyens de maintenance pour tous les appareils, en un seul lieu.

La mise en application du triptyque exposé ci-dessus conduit à un déclin relatif du nombre de sites de défense et à la densification de ces derniers. La rationalisation passe par la recherche d'une forme de fonctionnalité plus efficiente, notamment dans le soutien. Hérité de l'histoire des armées, celui-ci était en effet basé sur une fonctionnalité géographiquement associée à l'unité opérationnelle (*e.g.* un centre de maintenance de véhicule pour une base militaire). Aujourd'hui, en raison des impératifs économiques une nouvelle forme de fonctionnalité entraîne très fréquemment une dissociation géographique du soutien par rapport aux unités. Elle pousse à regrouper géographiquement les moyens d'une même nature ou participant aux mêmes missions (*e.g.* services interarmées, processus de maintenance communs), ce qui facilite l'entraînement, la formation et réduit les coûts de soutien. Ces

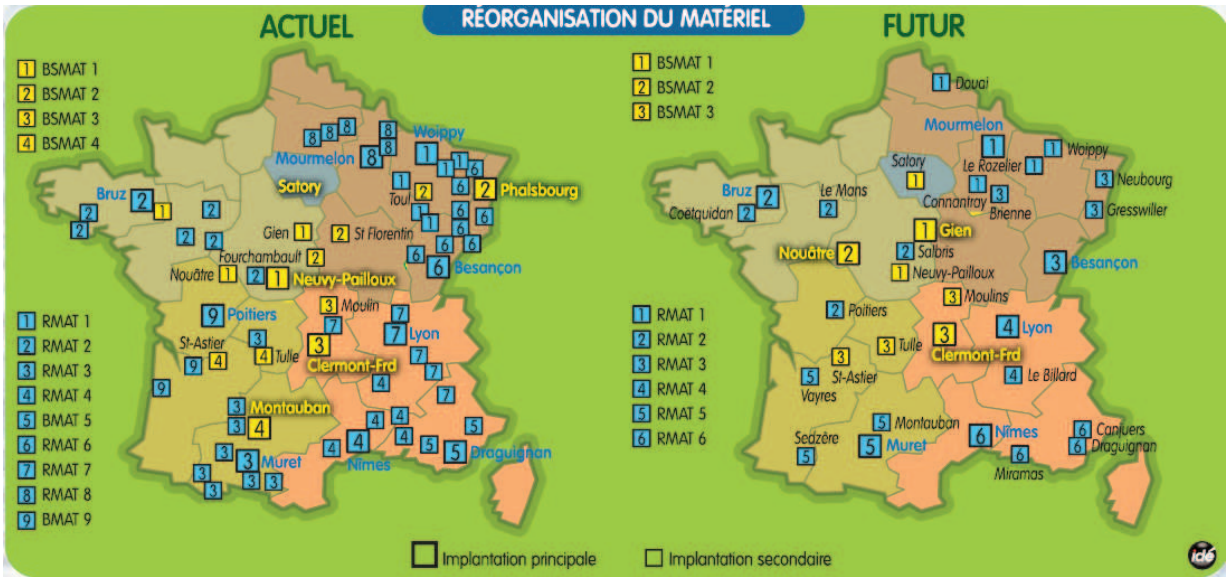
concentrations visent à réaliser des économies d'échelle dans l'optique d'une minimisation des coûts sous contrainte d'efficacité opérationnelle. Elles s'observent, plutôt dans des lieux proches des ports d'embarquement pour les Opex (Toulon, Marseille) ou des points logistiques nodaux.

Dans l'armée de l'air, sur la période 1960-1990, trente bases aériennes ont fermé en métropole. Puis, entre 1990 et 2007, le nombre de bases aériennes passe de 56 à 34. À ces fermetures, s'ajoute le rapatriement du dispositif entretenu par l'armée de l'air en Allemagne sur une douzaine de sites. La dernière réforme en date prévoit la fermeture de près d'une base sur quatre selon un échéancier étalé de 2009 à 2011 et au-delà (Bombeau, 2009b). En 2011, trois nouvelles bases sont fermées. L'année 2012 doit encore voir la fermeture de quatre bases en métropole et trois outre-mer (Viollet, 2011, p. 14). Parallèlement, on observe une diminution du nombre d'entrepôts et des sites de stocks de pièces détachées. Plus récemment, les stocks de pièces de rechange relatives aux hélicoptères ont été concentrés à Montauban.

La réduction du nombre de sites s'accompagne d'une densification des sites existants. Pour l'armée de l'air, les effectifs présents sur chaque site devraient alors passer d'une moyenne de 1 600 personnes en 2007 à 2 000 en 2016. Dans le même temps, le nombre moyen d'appareils stationnés sur les sites augmentera de 30 à 40 (chaque base aérienne ne pouvant accueillir qu'une quarantaine d'avions sauf à générer des nuisances insupportables).

Dans l'armée de terre, les années 2000 et l'actualité témoignent régulièrement de la dissolution de régiments, de fermetures de bases ou de casernes. On assiste aussi à une réduction du nombre de régiments dédiés à la maintenance des matériels. Si en 2008, on comptait treize sites principaux dans la maintenance des matériels terrestres, à l'horizon 2015, il ne devrait en rester que neuf (Prome, 2010). Dans la logistique de l'armée de terre, entre 2011 et 2014, la fermeture de six magasins centraux est planifiée, avec pour contrepartie la concentration des stocks centraux sur un magasin de rechanges à Moulins et sept magasins spécialisés répartis sur le territoire. Si l'on observe les implantations des sites de maintenance de l'armée de terre en comparant la configuration actuelle avec la configuration future (*cf.* carte ci-dessous), on note une réduction du nombre de régiments du matériel (RMAT – en bleu) et de bases du matériel (BSMAT – en jaune).

Figure 28 La réorganisation de la maintenance des matériels terrestres



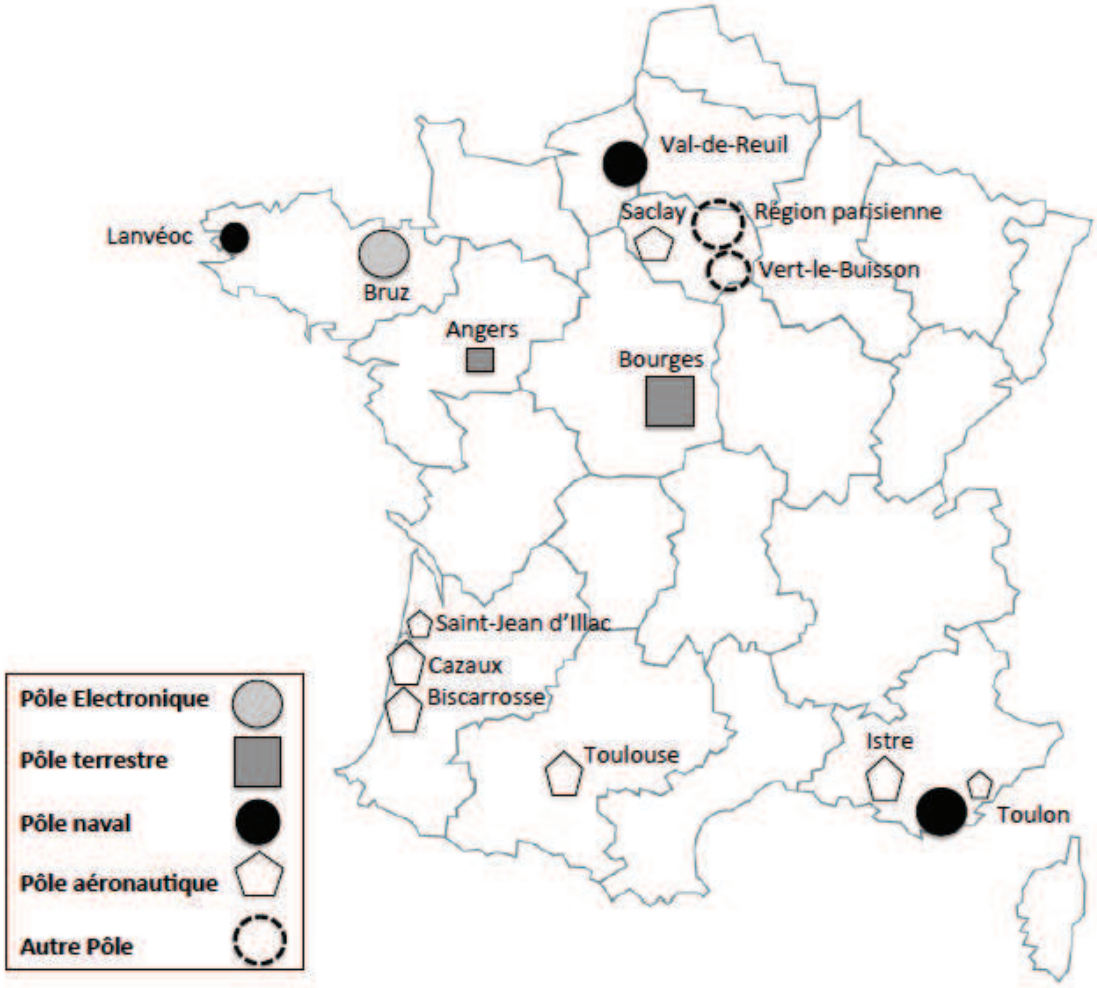
Source : Ministère de la défense, 2008, *TIM,* N° 197, Septembre 2008, p. 12

Si la marine fut historiquement concentrée dans cinq arsenaux en métropole, aujourd'hui, la plupart des activités industrielles concernant les matériels navals se trouvent dans les deux principales bases navales de Brest et Toulon. Concernant l'aéronavale, la réforme actuelle concerne la perte de trois sites (Nîmes-Garons, Dugny et Toussus-le-Noble).

Enfin d'autres services de la défense voient leur nombre d'implantations se réduire. Dans le soutien général, le nombre initial de 90 bases de défense prévues en 2008 au début de la réforme a été quasiment réduit de moitié en 2011 avec 51 bases en métropole, un nombre qui pourrait bien se réduire à une vingtaine. Des pôles géographiques et fonctionnels se dessinent dans le soutien (*e.g.* regroupement des services de ressources humaines à Tours, pôle d'activités de santé à Lyon). Le service des essences des armées a fermé dix dépôts de carburants et sept centres, a dissous ses directions régionales et concentré son activité autour d'une direction des établissements à Nancy et d'une base logistique à Chalon-sur-Saône, tout en reprenant l'activité pétrolière de la marine nationale, en 2010. La direction des réseaux d'infrastructure et des systèmes d'information (DIRISI) concentre ses activités sur un nombre plus restreint de sites (Eckert & Launay 2012, p.50).

De son côté, la DGA va concentrer ses activités sur 15 sites qui se densifieront, au lieu de 24 précédemment. Il est prévu que sa direction technique passe, entre 2008 et 2015, de 8 000 personnes sur 24 sites sur le territoire français à 6 500 personnes répartis sur 15 sites (JPC 2010, p.28). La structuration de la DGA se fera autour de quatre principaux pôles de compétences : terrestre, naval, aéronautique et électronique (*cf.* carte ci-dessous).

Figure 29 Configuration géographique de la DGA à l'horizon 2015



Source : DGA

En guise de synthèse, nous présentons la carte ci-dessous. Parue dans la presse à l'annonce de la réforme de 2008, cette carte montre les principaux sites concernés par ces reconfigurations géographiques de la défense. On y voit clairement que le nord-est, l'est et la région parisienne sont particulièrement concernés par ces reconfigurations, mais aussi le nord-ouest.

Figure 30 Sites ayant un effectif supérieur ou égal à 250 hommes, fermés ou transférés

Source : Boucheron (2008, p.31)

En conclusion, les principaux résultats de nos investigations conduites sur la base des données existantes montrent que :

Les effectifs de défense (civils et militaires) sont présents dans tous les départements, mais relativement plus concentrés dans certains. Les régions fortement militarisées sont toujours très spécialisées, mais leur spécialisation relative évolue à la baisse (*e.g.* Alsace, Lorraine, Champagne-Ardenne, Picardie).

Concernant les effectifs militaires, les écarts de variations relatives au niveau régional laissent plutôt suggérer le renforcement du sud du pays, au détriment du nord et de l'est, ce qui est cohérent avec les principes des Livres blancs de 1994, de 2008 et de 2013.

Dans l'industrie de défense, les écarts de variations relatives au niveau régional entre le début des années 1990 et la fin des années 2000 laissent suggérer la constitution de pôles régionaux. Notre connaissance des industries de défense permet de relier ces pôles aux spécialisations industrielles régionales. Sur la période allant de 1990 à nos jours, la plupart

des régions françaises ont réduit leur spécialisation relative dans les industries de défense. En revanche, trois ensembles régionaux ont accru leur spécialisation relative : la région parisienne combinée avec le Centre, la Basse Normandie et l'Alsace-Franche-Comté.

Les résultats des deux indices de concentration (indice d'Herfindahl et indice de Theil) concordent. Les effectifs militaires sont relativement plus concentrés à la fin des années 2000 qu'au début des années 1990. En revanche, ce n'est pas le cas des salariés de l'industrie de défense qui apparaissent relativement moins concentrés à la fin des années 2000.

Enfin, l'analyse plus qualitative des tendances spatiales à travers le triptyque dissolution, transfert et mutualisation suggère que l'on assiste à une réduction du nombre de site et une densification de ces derniers.

Ce travail d'analyse géographique des activités de défense n'est qu'à ses débuts. Pour l'approfondir, la collecte de données sur une plus grande période permettrait de conforter (ou non) nos résultats. Ensuite, une recherche plus développée à partir des indices de concentration spatiale serait intéressante à mener en s'inspirant de ce qui est fait dans la littérature. Par exemple, au sein des régions elles-mêmes, il serait intéressant de voir quelles dynamiques sont observées. L'indice de Theil permet de telles analyses, mais les données à l'échelle départementale ne sont pas disponibles pour le début des années 1990, ce qui enlève tout point de référence dans l'analyse.

De plus, nous pensons qu'une approche comme celle initiée par Duranton et Overman (2005), basée sur les distances entre les différents établissements appartenant à une même industrie permettrait d'affiner les résultats. Par exemple, si la concentration des industries de défense semble s'être globalement réduite sur la période 1990-2010 à l'échelle nationale, peut-on en dire autant à l'échelle régionale ? Peut-on mettre en évidence la constitution de *clusters* de défense comme c'est le cas dans d'autres industries ? Des données micro-géographiques permettraient certainement de lever cette interrogation.

Enfin, un traitement plus approfondi des données concernant les emprises spatiales de la défense – avec des techniques SIG (Système d'Information Géographique) par exemple – peut être intéressant à effectuer pour conforter certaines tendances. Malheureusement, encore une fois, ces données ne sont pas disponibles dans l'immédiat avec un historique satisfaisant[99].

[99] Par exemple, nous n'avons réussi à collecter des données spatiales uniquement pour les années 2007 et 2010, ce qui demeure insuffisant pour établir des grandes tendances spatiales.

3.3 Le Coût Social de Régression pour comprendre les reconfigurations spatiales de la défense

En considérant la rationalisation comme une logique d'optimisation des coûts du décideur public, on peut envisager que ce dernier compare la valeur stratégico-militaire d'un site de défense avec son coût. Une analyse coût-avantage conduit alors à la fermeture du site lorsque le coût est supérieur à la valeur stratégico-militaire attendue.

Cependant, cette approche purement microéconomique de la rationalisation (la « rentabilité » des sites de défense) écarte une partie du problème. En effet, on a vu que la logique de rationalisation provoque la concentration d'entités de la défense en certains lieux, tandis que d'autres se vident. Ces mouvements de «plein » et de « vide » ne se font pas sans heurts. Une approche uniquement centrée sur la rationalisation du système de défense au travers des économies réalisées ou réalisables omettrait les nombreuses connections qui peuvent exister entre les armées et leur environnement. Il s'agit alors d'aborder la question d'autres coûts pouvant être associés aux mouvements géographiques des activités de défense si on prend en compte leur rôle dans le développement local (*e.g.* poids économique, action sur les services publics). Il arrive en effet *« que la rentabilité microéconomique ne coïncide pas nécessairement avec la rentabilité macroéconomique* » (Hansen & Percebois 2010, p.506). L'identification de la manifestation, probable ou certaine, de l'ensemble des coûts associés aux restructurations est importante dans l'explication des reconfigurations géographiques de la défense. La rationalisation se heurte violemment à une contrainte exogène émanant des territoires et de l'histoire. C'est bien la question du poids économique et socioculturel de la défense dans les territoires comme force de rappel dans la rationalisation des armées qui est posée.

a) Le concept de coût de régression

Le « coût de régression » a été appliqué à la question de la fermeture des mines de charbon (Allais, 1951; Lesourne, 1955). Afin de calculer l'ordre de fermeture des sites miniers souffrant de problèmes de rentabilité, les « *économistes ingénieurs* » ont développé *« un instrument d'analyse propre aux industries en recul* » (Blondel, 1967). L'approche microéconomique prime avec la définition d'un coût de régression technique estimant la réduction de dépenses sur la base de la structure de coût des sites producteurs de charbon, en comparaison avec le prix du charbon sur le marché.

Cependant, certaines mines étant localisées dans des régions où la production de charbon était l'activité principale, les conséquences économiques et sociales des fermetures pouvaient être difficiles à gérer tant socialement que politiquement. Au coût technique de régression s'ajoute alors un autre coût de régression lié au poids économique des mines dans les régions et prenant en compte « *les charges qui incomberaient à la société si la firme cessait immédiatement son activité* » (Bye, 1961, cité par Blondel, 1967, p. 62). Dans la mesure où la fin de l'exploitation d'un site entraîne des dépenses sociales de conversion, la prise en compte de ce coût territorial de régression tend à retarder la fermeture d'un site par rapport à une situation où l'on ne considère que le coût technique.

Ce concept de coût de régression est applicable à l'étude des activités de défense. Dans un contexte de rationalisation, la question du maintien en activité des sites de défense se pose lorsqu'un surnombre de sites est identifié par rapport au budget. On peut alors mettre en balance ce que coûte chaque site avec ce qu'il « rapporte ». Dans le cas de la défense comme dans celui du charbon, on compare ce que l'on perd en avantages avec ce que l'on économise en dépenses. Pour un site de défense, si les coûts sont supérieurs aux différents avantages qu'offrent les activités de défense présentes, il faut fermer le site. La décision dépendra de différents paramètres évoqués précédemment (évolution des besoins et contexte géopolitique, coût de la production de défense).

Bien qu'intéressant sur le plan conceptuel, le rapprochement strict avec le coût de régression utilisé dans le cas des mines de charbon pose un sérieux problème dans la mesure où il n'existe pas de marché (et donc pas de prix) pour « l'*output* de défense » (Hartley 2012, p.178). Cependant, si l'on suppose qu'il existe un *output* de défense appréciable, le « coût de régression » est alors le supplément de coûts actualisés qu'il faudra supporter en moyenne pour chaque « unité » produite du service de défense, tant que le site est maintenu et par rapport à une situation où il est abandonné.

On distingue alors un « coût technique de régression » qui ne prend en considération que les coûts internes du décideur au niveau d'un site de défense et le « coût territorial de régression » qui prend en compte les différents impacts socio-économiques liés à la fermeture de l'activité de défense sur le territoire (*e.g.* impact sur l'emploi et l'activité des autres branches, impact sur les services publics, impact culturel). En effet, l'activité de défense est parfois responsable d'une activité économique considérable pour certains territoires. De plus, comme elle est très souvent historiquement ancrée sur les territoires accueillant des sites de défense, l'attachement culturel peut être important et l'impact sur la collectivité considérable

(sur les plans symbolique ou politique notamment). La somme des deux coûts de régression (coût technique de régression et coût territorial de régression) constitue le « coût social de régression ».

b) Les « coûts du plein » pour le décideur et les « coûts du vide » dans les territoires

i) Les « coûts du plein » pour le décideur public

Afin de décider de l'abandon d'un site de défense l'analyse coût-avantage doit tenir compte de l'ensemble des coûts du décideur. On peut d'abord envisager que tous les coûts ne soient pas correctement évalués, *i.e.* le coût technique de régression est sous-évalué. Les concentrations et densifications notamment peuvent représenter un coût dont l'estimation *a priori* n'est pas toujours évidente pour le décideur public.

Dans la réforme actuelle, les densifications concernent près d'une soixantaine de sites et nécessitent des aménagements parfois coûteux. La réalisation de constructions neuves est souvent nécessaire, tant pour les personnels (*e.g.* bureaux, logements) que pour les matériels (*e.g.* hangars, ateliers). Pour certains matériels anciens comme les Mirage F1 de l'armée de l'air qui ont été totalement regroupés à Reims, les infrastructures d'accueil existent déjà. En revanche, pour des matériels de taille plus conséquente ou plus complexes, les infrastructures d'accueils sont souvent coûteuses et présentent parfois des risques de sous-évaluation de coût. On pense notamment aux matériels modernes comme le futur A400M à Orléans, les nouvelles frégates à Brest et à Toulon ou les futurs sous-marins nucléaires d'attaque Barracuda.

Depuis 2009, près de 600 opérations ont été engagées pour mettre à niveau les infrastructures (rénovation ou construction neuve), très souvent dans des lieux qui bénéficient de densifications (Roger & Dulait, 2012, p. 65). Dans la loi de programmation militaire 2009-2015, en termes d'infrastructures, les coûts liés à la reconfiguration géographique de la défense avaient été initialement évalués à plus de 1,2 milliards d'euros. L'estimation, revue à la hausse, s'établissait à 1,491 milliards d'euros en 2012 (Eckert & Launay 2012). Les dépenses d'infrastructures ont augmenté de 260 % entre 2008 et 2009 (Cazeneuve & Cornut-Gentille 2010), puis de 140 % sur la période 2010-2012 (Eckert & Launay 2012). Trois raisons principales semblent expliquer cette réévaluation : certains coûts se rajoutent à l'évaluation initiale (*e.g.* déplacement de certains services ou de certaines unités), d'autres sont réévalués car tous les coûts n'avaient pas été identifiés initialement (*e.g.* les coûts

d'infrastructure générés par la fusion des centres de recrutement) et enfin il arrive que le périmètre d'évaluation évolue.

Enfin, une approche complète des coûts doit prendre en compte le coût social associé à la mobilité géographique des salariés, notamment des personnels civils de la défense, lors de la fermeture d'un site de défense. Ces coûts peuvent être importants et ne doivent pas être sous-estimés.

ii) Le poids économique et socioculturel de la défense dans les territoires qui se vident : une force de rappel ?

Si des territoires gagnent des unités militaires, d'autres au contraire se vident de leurs unités. La démilitarisation d'un territoire entraîne souvent une reconversion problématique sur les plans économique, urbain, environnemental et socioculturel. Ceci engendre un coût territorial de régression pour les territoires concernés.

D'abord, le départ d'unités ou de services de la défense a un coût économique pour les territoires lorsque l'armée exerce une influence notable sur l'activité locale. Cet impact doit être apprécié au « sens large », c'est-à-dire en incluant également les effets directs (les emplois et revenus des militaires et civils d'un sites de défense), les effets indirects (entreprises locales parfois fournisseurs des sites de défense) et les effets induits (effets sur les services publics, le tissu associatif, etc.). L'exemple de l'armée de l'air, relativement dispersée sur le territoire national, tend à montrer que l'implantation locale des bases est parfois très ancrée économiquement. En 2005, un rapport du Sénat estimait le budget de fonctionnement des plus grosses bases à près de trois millions d'euros par an, auxquels s'ajoutaient environ 50 millions d'euros de rémunérations (Nogrix, 2005, p. 23).

Par ailleurs, pour des territoires de petite taille et à l'économie peu diversifiée, la littérature issue des expériences anglo-saxonnes suggère que l'impact des restructurations est susceptible d'être plus important (Dardia *et al.* 1996; Soden 2005). En France, si on considère le territoire de Charleville-Mézières par exemple, le 3ème régiment du génie est le deuxième employeur du territoire après Peugeot.

Difficile à estimer, l'impact économique induit peut en outre être considérable. En Moselle par exemple, sur la période 2008-2015 les effectifs du ministère de la défense vont être réduits de 38 % (d'environ 14 000 à 8 700 personnes)[100]. L'impact démographique total

[100] Entres autres on assiste à la fermeture de la base aérienne 128 de Metz-Frescaty, la dissolution du 2ème régiment du génie de Metz, du 1er régiment du matériel de Woippy et le transfert du 13ème régiment de dragons parachutistes de Dieuze.

est évalué à 12 000 personnes, familles comprises. La perte de population qui en découle conduira à une réduction des dotations globales de fonctionnement des collectivités territoriales de plus de 3,5 millions d'euros par an (Cazeneuve et Cornut-Gentille, 2012).

L'effet négatif sur les services publics est à prendre en compte en particulier dans les territoires où la densité humaine est relativement faible (*e.g.* écoles primaires, activité postale, liaisons ferroviaires).

Le coût territorial de régression a une dimension urbaine et environnementale. L'activité des armées est assise sur des indivisibilités très spécifiques qui sont souvent des infrastructures lourdes (*e.g.* une piste d'atterrissage, un port, un champ de tir, une caserne). Un départ des activités de défense pose alors la question de la redéployabilité de ces infrastructures et de leur inscription dans un « *système de développement local* » (Guelton 2001). Outre la dépollution des sites dont le coût peut s'avérer considérable pour des territoires peu expérimentés en la matière (Hansen 2004), une préoccupation importante peut simplement être de trouver des projets pour « remplir » les espaces laissés vacants. La littérature présente un certain nombre d'exemples de redéployabilité des actifs immobiliers et fonciers militaires, reflet d'une reconversion plus ou moins réussie (*e.g.* Bagaen (2006), Dubois-Maury (1998) ; Ginet (2011)).

Enfin le coût territorial de régression a une dimension culturelle. Les activités de défense sont inscrites dans la trajectoire économique des territoires depuis parfois de nombreuses années et leur départ peut avoir des conséquences autres que pécuniaires. L'appréciation de cette dimension est difficile dans la mesure où l'on parle en termes de symbole, d'image ou de représentation (Lutz, 2001; Thanner & Segal, 2008). La question posée par Aben et Rouzier (2001) lorsqu'ils évoquaient l'importance de la connaissance de l'influence socioculturelle des armées sur l'environnement local prend ici tout son sens. Une meilleure connaissance de cette dimension peut certainement améliorer la connaissance de l'ensemble des coûts liés aux mouvements géographiques des armées.

À titre d'illustration, dans la dernière réforme en date, les 83 sites rétrocédés sont souvent localisés sur des communes s'identifiant à l'histoire militaire de la France, en particulier les zones marquées par les conflits du 19ème et du 20ème siècle ou par des restructurations antérieures. Pour la commune de Bitche en Moselle (5 700 habitants) le 57ème régiment d'artillerie, dissous en 2009, représentait un peu plus du quart de la population totale. Le départ du régiment a été vécu comme une véritable trahison par la petite commune à

l'identité profondément militaire. La commune a aussitôt entamé des négociations politiques qui ont abouti à une compensation de population avec le rapatriement du 16ème bataillon de chasseurs (environ 1 200 hommes), auparavant stationné en Allemagne.

Si on admet qu'une implantation de défense justifiée hier pour des raisons géopolitique ou opérationnelle ne l'est plus forcément aujourd'hui, le décideur public peut décider de modifier sa localisation. Il n'est donc pas déraisonnable de penser que quand bien même la réorganisation géographique serait motivée par des raisons stratégiques (*e.g.* plus forte concentration dans le sud du pays, plus proche de « la menace ») et économiques (*e.g.* réaliser des économies d'échelle dans la défense) la transition du système d'une configuration à une autre va engendrer des coûts pour la collectivité. L'ensemble de ces coûts constitue le « coût social de régression ». Compte tenu du coût social de régression tel que nous l'avons défini, on avance que le paysage du passé influence fortement celui d'aujourd'hui.

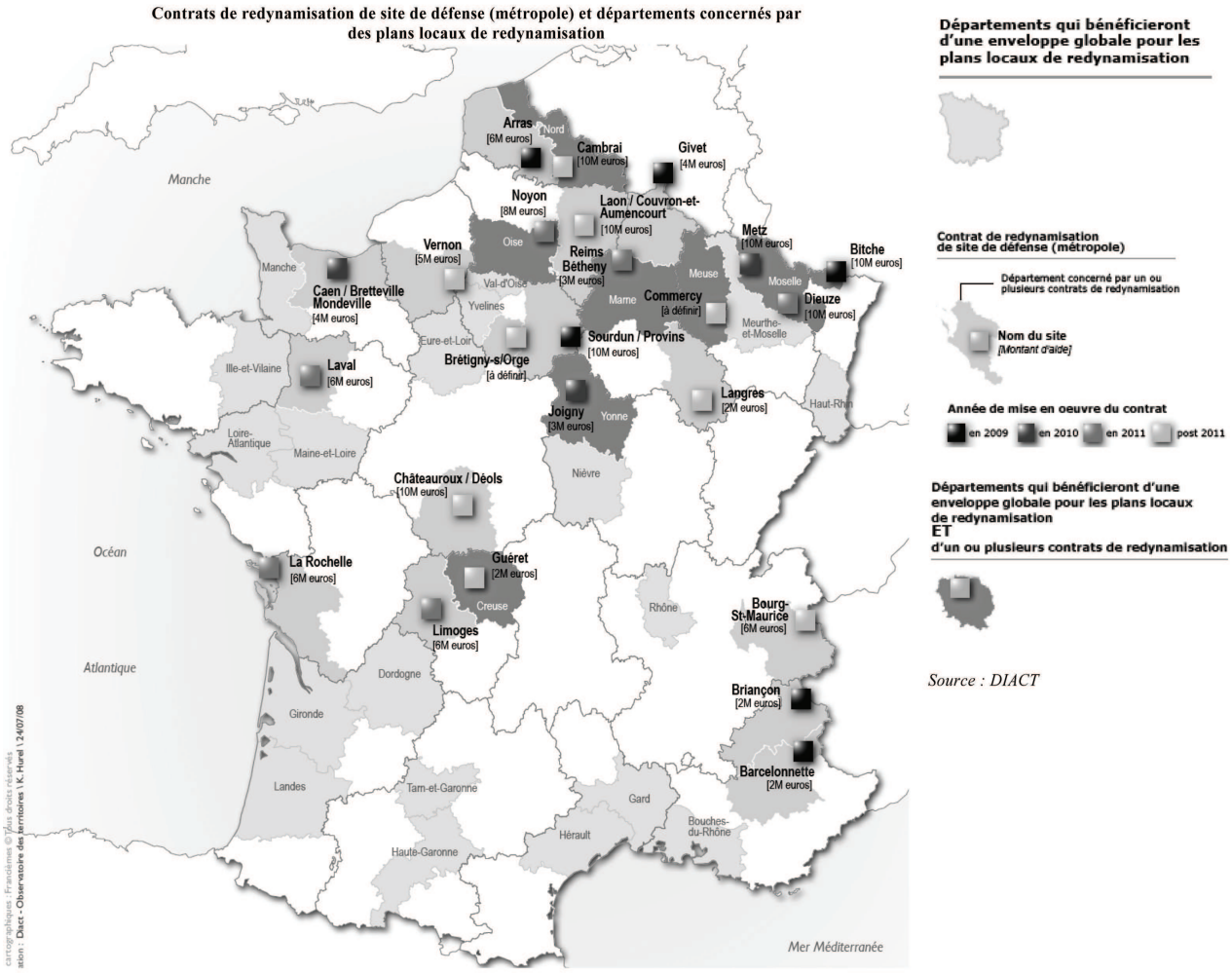
Suivant Elissalde (2000) on peut parler d'hystérésis territoriale dans la mesure où le système tend à demeurer dans un certain état alors que la cause extérieure qui a produit le changement d'état a cessé. L'effet d'hystérésis territoriale sera d'autant plus fort que le coût territorial de régression sera plus élevé. Bien que difficile à apprécier, ce coût territorial de régression pèse dans les choix du décideur. Si on conçoit que le décideur public cherche à compenser ces coûts, les mesures compensatoires peuvent alors être interprétées comme une valeur *a minima* du coût territorial de régression.

c) Les plans de soutien et les mesures de compensation : une estimation a minima du coût social de régression pour le décideur public ?

Pour compenser ces « coûts du vide », l'État a mis en place des actions de soutien aux territoires les plus affectés par les restructurations. Un plan d'accompagnement d'environ 150 millions d'euros par an sur la période 2009-2015 a été annoncé. Les deux principaux dispositifs territoriaux sont : les contrats de redynamisation de site de défense (CRSD) qui s'élèvent à 225 millions d'euros sur la période 2009-2015 pour les 24 communes les plus touchées et les plans locaux de redynamisation (PLR) (le montant alloué à ces derniers s'élève à 75 millions d'euros sur la période 2009-2015). Au total, sur la période 2009-2015, une quarantaine de sites sont susceptibles de faire l'objet d'un CRDS ou d'un PLR. Fin 2012, 20 CRSD et 21 PLR avaient été signés.

Ces dispositifs permettent de financer des projets favorisant l'attractivité des territoires, dans des domaines variés, tels que des parcs d'activités pour l'industrie, les services et l'artisanat (*e.g.* Arras, Sourdun), ou encore la reconversion d'emprises militaires en internats d'excellence (*e.g.* Sourdun, Barcelonnette, Noyon), en logements pour personnes âgées (*e.g.* Givet) et pour étudiants (*e.g.* Arras). La carte ci-dessous indique les départements et communes concernés par les PLR.

Figure 31 CRSD (en métropole) et départements concernés par les PLR



Source : DIACT

Source : DIACT, reproduit *in* : Trucy, Masseret et Guéné (2009, p. 81)

Une lecture rapide de cette carte montre que les territoires recevant le plus d'aides sont plutôt localisés dans le quadrant Nord-Est du pays et dans la région Centre. Les dispositifs d'accompagnement sont mis en place en cherchant à impliquer les acteurs locaux et notamment les collectivités territoriales. Par exemple, en Aquitaine où trois départements (Gironde, Landes et Dordogne) sont concernés par les PLR, la région participe fortement à la reconversion des sites militaires et envisage le développement des énergies renouvelables ou

la déconstruction de missiles sur d'anciens terrains militaires. Parmi les autres mesures phares en matière d'aide aux territoires en difficulté, on peut également citer le « plan national pour le développement et l'attractivité du nord-est de la France ». En Moselle par exemple, les réflexions se portent sur la création d'une grande plate-forme multimodale fer-eau-route à Metz. Un plan d'une telle ampleur passe par des concertations entre collectivités territoriales à diverses échelles.

Néanmoins, l'exécution des crédits inscrits à ce titre reste inférieure aux montants ouverts. En 2011, sur 38,4 millions d'euros inscrits en crédits de paiement, seuls 8,4 millions d'euros ont été consommés, tandis que sur 65,2 millions d'euros inscrits en autorisations d'engagement, seulement 34,3 millions d'euros ont été exécutés. De tels écarts s'observaient également en 2010 (Eckert & Launay 2012, p.55). Cette sous-consommation laisse craindre des difficultés dans la bonne réalisation des projets de reconversion.

L'État met aussi en place des mécanismes d'exonérations fiscales lorsque le territoire concerné réunit trois critères cumulatifs : perte d'au moins 50 emplois du fait des restructurations de la défense, conclusion d'un CRSD et situation économique délicate appréciée au regard du taux de chômage, de la variation de population ou du rapport entre la perte d'emplois de défense et la population salariée du bassin. L'application de ces critères explique que tous les territoires couverts par un CRSD ne bénéficient pas des mesures fiscales.

Des relocalisations géographiques compensatoires ont également été décidées pour certaines administrations d'État avec un objectif annoncé de 5 000 emplois sur six ans (soit environ 10 % des effectifs parisiens des administrations centrales) (Cazeneuve & Cornut-Gentille 2009). Ces déconcentrations qui concernent tous les ministères, ont déjà commencé sur certains sites (*e.g*. Limoges, Charleville-Mézières ou Metz). Parmi les mouvements, on relève par exemple l'implantation du service facturier du ministère de la défense à Cambrai (670 emplois) ou la création d'un pôle statistiques (INSEE et DARES) et du centre informatique de l'éducation nationale à Metz (1 500 emplois) et la création d'une antenne de l'institut national de recherches archéologiques préventives (INRAP) à Reims.

Enfin, du point de vue de la compensation des coûts urbains et fonciers, en France, depuis 2009, un dispositif prévoit, pour les communes les plus touchées une possibilité d'acquisition à l'euro symbolique des immeubles et sites abandonnés par le ministère de la défense. Ces derniers sont variés et généralement de grandes dimensions : terrains d'exercice, immeubles fortifiés, casernes, locaux d'habitation, hangars, sémaphores, bases de sous-

marins, bases aériennes, hôpitaux, dépôts. A Châteauroux par exemple, la Martinerie, ancien site du 517ème régiment dissous en 2012 est le plus grand des sites rétrocédés par l'armée de terre (300 hectares). Les terrains et les bâtiments libérés pourraient être intégrés au parc d'activité de la commune. Une première société, la *Sogema*, a installé son activité dans une partie de la zone du site pour stocker du matériel destiné à l'exportation.

Le dispositif de compensation cherche alors à s'adapter à chaque réalité locale et aux capacités de résilience des territoires. Ainsi la perte de 750 emplois à Nantes est relativement plus facile à absorber qu'à Angers, qui à l'inverse aurait besoin d'un accompagnement spécifique pour faire face à la perte d'environ 550 emplois. Il est encore trop tôt pour estimer les effets de ces politiques publiques d'accompagnement des restructurations. Néanmoins, au premier janvier 2012, le ministère de la défense estime à plus de 3 000 le nombre d'emplois réellement créés dans un peu plus de 200 PME (un exemple est celui de la société *Ecomouv*', implantée à Metz sur la base aérienne 128 qui crée près de 200 emplois) (*Les Echos*, 2 Février 2012).

On retiendra que le coût territorial de régression risque d'être d'autant plus important que le territoire concerné est plus fortement dépendant des activités de défense. Pour certains territoires, le « multiplicateur territorial » de la défense est plus élevé que pour d'autres, ce qui implique des compensations plus grandes. Lorsque le coût territorial de régression est élevé, le décideur public est confronté à une forme d'ambivalence entre d'une part des impératifs stratégiques et des objectifs de rationalisation – qui poussent à la concentration géographique – et, d'autre part, des objectifs d'aménagement du territoire – qui poussent plutôt à la dispersion géographique –.

Conclusion de la section 3

Dans cette section, nous avons proposé une première analyse des reconfigurations spatiales de la défense en cherchant à les connecter aux évolutions doctrinales et aux changements de formats des armées qui en découlent.

Dans un premier temps, nous avons conduit une analyse descriptive sur l'organisation administrative des armées, la répartition spatiale des effectifs militaires à l'échelle départementale et la répartition des emprises spatiales. Nous montrons qu'une rationalisation spatiale s'exerce sur les plans organiques et administratifs. Ensuite, une analyse cartographique montre que les effectifs de défense (civil et militaires) sont présents dans tous les départements, mais relativement plus concentrés dans certains (et notamment Paris, le Var

et le Finistère). En prenant les huit départements ayant le plus d'effectifs du ministère de la défense, 42 % des effectifs militaires sont concentrés sur environ 8 % de la superficie du territoire métropolitain. De plus, l'analyse des emprises du ministère de la défense montre que les sites où le ministère de la défense était spatialement très présent dans les années 1980, sont globalement les mêmes en 2010. Par ailleurs, divers travaux que nous avons consultés montrent que depuis 20 ans le ministère de la défense réduit ses emprises foncières et immobilières.

Dans un deuxième temps, nous avons cherché à approfondir l'étude spatialisée de la défense avec une analyse en statique comparative des effectifs militaires et de l'industrie de défense sur la période 1990-2010 à l'échelle régionale. Notre analyse est construite à partir d'une base de données régionalisée élaborée par nos soins. Nous montrons que les régions fortement militarisées sont toujours très spécialisées, mais que leur spécialisation relative évolue à la baisse (*e.g.* Alsace, Lorraine, Champagne-Ardenne, Picardie). Nous avons également vu qu'il est possible d'identifier des pôles géographiques dans l'industrie de défense. L'explication des dynamiques de constitution de pôles nécessite une mise en relation avec l'évolution de l'industrie de défense depuis le début des années 1990. Nous apportons quelques éléments explicatifs sur ce point, mais l'analyse reste à approfondir. Nous pensons notamment à un travail plus fouillé sur les réorganisations de l'industrie de défense dans l'hexagone sur la période 1990-2010. Nous complétons l'analyse des données régionales par une présentation plus qualitative des reconfigurations spatiales de la défense. Nous résumons ces changements au travers d'un triptyque dissolution, transfert, et mutualisation.

Enfin, dans un troisième temps, nous avons cherché à discuter des enjeux territoriaux des grandes tendances exposées précédemment. Notre cadre d'analyse, assez général, met en évidence un jeu de forces. D'un côté, les tendances récentes dans l'organisation de la défense montrent une logique de rationalisation économique et de concentration géographique et d'un autre côté, l'inscription géographique de la défense, héritage de plusieurs siècles d'histoire, pèse de tout son poids dans les restructurations. Nous pensons que ce jeu de forces peut être éclairé par le concept de « coût de régression ». Le coût territorial de régression apporte des éléments explicatifs au paysage actuel observé dans une défense encore relativement concentrée dans le nord-est du pays, et ce en dépit d'une menace identifiée « au sud » depuis maintenant presque vingt ans. Les délais relativement longs dans les restructurations géographiques de la défense peuvent donc en partie s'expliquer par le fait que le décideur

public doive internaliser les effets négatifs des chocs vécus par les territoires lors des retraits d'entités de la défense.

Conclusion du Chapitre II

En 20 ans, le contexte géostratégique a changé ce qui a contribué à redéfinir les grandes orientations de la politique de défense de la France. Celles-ci sont présentées dans les Livres blancs. Sommairement, celui de 1972 était le Livre blanc « de la dissuasion », celui de 1994 « de la projection » et le Livre blanc de 2008 celui de la « connaissance et l'anticipation ». Ce dernier présente une conception plus globale de la défense, dans des contextes d'engagements asymétriques et multipolaires, où le renseignement et les systèmes d'information et de communication jouent un rôle croissant. À travers la connaissance et l'anticipation, il ajoute une nouvelle fonction stratégique aux quatre fonctions traditionnelles (protection, prévention, dissuasion et projection). Le Livre blanc de 2013 reprend les grands principes de celui de 2008 en y intégrant une dimension de rationalisation amplifiée.

Des orientations du Livre blanc découlent alors les modèles d'armées, ses missions et ses moyens. Sur la période qui nous intéresse particulièrement (1990-2010 et plus), le modèle d'armée hérité des années de guerre froide se reconfigure à travers de nombreuses réformes, en tenant compte de nouveaux paramètres géopolitiques, technologiques et économiques. Sur un plan quantitatif, les effectifs des armées diminuent, dans l'opérationnel comme dans le soutien. Sur un plan qualitatif, on assiste à la professionnalisation des armées et à son corollaire correspondant à une armée de métier : une augmentation de la qualification de la main d'œuvre (civile comme militaire) dans les forces armées.

Les matériels de défense tendent à devenir de plus en plus complexes et forment des « *systèmes de systèmes* » (Gates, 2004). Le développement des technologies de défense a des conséquences notables sur les coûts d'acquisition des systèmes d'armes qui tendent à augmenter de 5 à 7 % par an en moyenne (Hébert 1995 ; Hartley & Sandler 2003) Ce phénomène s'illustre à travers les cas de certains matériels récents et emblématiques comme l'avion Rafale, le char Leclerc ou l'hélicoptère Tigre. Ce développement des technologies de défense a parfois conduit certains à parler de « technologisme » (Desportes, 2009).

Les transformations de la défense sont donc plurielles. La baisse des ressources notamment, combinée avec le fait que la défense d'aujourd'hui est moins « territorialisée » (paradigme de projection de forces), conduit à organiser différemment la production de défense d'un point de vue spatial. Les transformations de la défense ont donc des

conséquences spatiales que nous avons cherché à mettre en évidence à l'aide de données originales, collectées à l'échelle régionale et départementale. Cette première approche statistique est complétée par une approche plus qualitative centrée sur un triple mouvement de dissolution, transfert et mutualisation. Ce triptyque s'accompagne d'une concentration d'effectifs et d'activités militaires dans certains territoires, tandis que d'autres au contraire se vident.

Ce processus de rationalisation ne se fait pas sans heurt et d'un point de vue plus global, différents aspects territoriaux peuvent être examinés. Le concept de coût social de régression développé dans ce chapitre contribue alors à développer une approche globale des restructurations de la défense. Il apporte notamment des éléments d'explication à la prise en compte des délais d'ajustements dans les changements de configurations spatiales du système de production de défense dans son ensemble.

La récente réforme des Bases de Défense (BDD) dans le soutien général peut constituer un terrain d'étude intéressant pour un prolongement empirique du concept de coût social de régression appliqué aux activités de défense[101]. Des 90 BDD prévues en métropole en 2008, leur nombre est passé à 51 en 2012. Les premiers retours d'expérience sur la réduction du nombre de sites et la densification des sites existant semblent témoigner de l'existence d'économies d'échelle (Roger & Dulait 2012). Néanmoins, la Cour des Comptes recommande encore d'augmenter leur densité et de réduire leur nombre à une vingtaine en métropole. Mais, elle dénonce aussi des périmètres parfois définis « *selon des critères relevant davantage de l'aménagement du territoire que des nécessités de la défense nationale* » (Cour des Comptes, cité par Roger & Dulait, 2012, p. 41). Ces critères « aménageurs », parce qu'ils poussent à la dispersion, vont très fréquemment à l'encontre des impératifs de rationalisation et reflètent l'importance et la vivacité des coûts territoriaux de régression.

[101] Depuis 2009 (date de la phase expérimentale de la réforme), la Base de Défense (BDD) est l'unique formation administrative de la défense à l'échelle locale. Elle a pour mission d'assurer l'Administration Générale et le Soutien Commun (AGSC) des formations implantées dans son secteur de responsabilité. Les BDD mutualisent donc sur une aire géographique donnée (et de taille variable) diverses fonctions de l'AGSC (*e.g.* actes administratifs, ressources humaines, action sociale, transports, carburants, alimentation, loisirs, infrastructure, habillement, etc.), au profit de toutes les formations et organismes situés dans leur périmètre, quels qu'ils soient. Il s'agit donc d'une forme de soutien interarmées. Pour une cartographie récente des BDD, se référer à l'annuaire statistique de la défense, chapitre III, p. 46 : http://www.defense.gouv.fr/sga/le-sga-en-action/economie-et-statistiques/annuaire-statistique-de-la-defense

Chapitre III
Analyse économique du Maintien en Condition Opérationnelle des matériels de défense[102]

[102] Les développements présentés dans ce chapitre ont été valorisés dans une communication et deux articles. La communication a été réalisée au colloque international *Defense and its realms* à Brest, en avril 2011 (*cf.* Droff (2011)). Concernant les articles, un premier article a été publié dans le *Journal of Innovation Economics & Management* (*cf.* Droff (2013a)). Un second article ciblant plus spécifiquement les facteurs d'évolution des coûts du MCO doit faire l'objet d'une soumission à *Defence and Peace Economics* (*cf.* Droff (2013b)).

Nous restreignons maintenant notre champ d'analyse en ne considérant qu'une partie du processus de production du service de défense. Cette partie du processus est le soutien des matériels ou Maintien en Condition Opérationnelle (MCO).

Le soutien est une notion multiforme issue du vocabulaire de l'organisation militaire. Il s'agit d'un service rendu aux forces armées pour assurer leur opérationnalité. Cette notion de soutien est fondée sur la dichotomie entre « l'opérationnel » – sommairement ceux qui combattent ou du moins font usage des systèmes d'arme – et « le soutien » – ceux qui mettent à disposition des précédents des moyens pour combattre et notamment des systèmes d'arme en état de fonctionnement –. Théoriquement, la notion de soutien n'implique pas l'usage des systèmes d'arme et intègre l'ensemble des moyens techniques, matériels, organisationnels et humains contribuant à la mise en œuvre des forces.

Dans l'organisation des armées, le MCO est un sous-ensemble du système de soutien. Le MCO recouvre l'ensemble des opérations de maintenance ayant pour finalité le maintien des performances, du potentiel et de la disponibilité des systèmes de défense dans un état spécifié (Soule, 1998). Il permet d'assurer la disponibilité des équipements, ce qui conditionne le niveau d'entraînement et le savoir-faire opérationnel des militaires. C'est un soutien dit « spécifique » par opposition avec le soutien « général » (*e.g.* restauration, habillement).

En articulant les impératifs techniques et économiques, la finalité du MCO est d'assurer la disponibilité des systèmes de défense avec un rapport efficacité/coût de soutien le meilleur possible en corrigeant : les effets de leur emploi (*i*) (*e.g.* pannes et remplacement des éléments consommables), les effets du vieillissement (*ii*) (*e.g.* corrosion et obsolescences) et les défauts constatés (*iii*) (*e.g.* fiabilité insuffisante, nouvelles prescriptions réglementaires).

Le MCO recouvre deux types de fonctions :

La première fonction est le soutien technique qui regroupe trois grandes catégories d'opérations. Il y a d'abord la maintenance (1) proprement dite, comprenant les actions visant à maintenir (ou rétablir) un matériel dans un état spécifié (*e.g.* carénages pour l'entretien des coques des bateaux, reconstitution du potentiel d'heures de vol d'un aéronef, changement de moteur d'un char). Il y a ensuite la gestion de configuration des équipements (2) qui permet de suivre l'évolution de la définition technique des matériels au long de leur vie opérationnelle. Enfin, il y a la tenue à jour des référentiels techniques (3), laquelle s'accompagne de l'analyse du retour d'expérience issue de l'exploitation des faits techniques.

La deuxième fonction est le soutien logistique. Il comprend les opérations d'approvisionnement des pièces de rechange (essentiellement par le biais d'achats publics), la maintenance de ces dernières, leur magasinage (stockage) et le ravitaillement en pièces de rechange des unités, des structures de soutien (ateliers industriels) voire, dans certains cas, des industriels (maintenance externalisée).

Ensuite, la maintenance proprement dite peut s'exercer suivant deux modes distincts :

En premier lieu, il s'agit de la maintenance préventive (*ex ante* ou « avant la panne ») qui correspond à l'ensemble des opérations à caractère systématique ou conditionnel, définies pour chaque type de matériel et destinées à prévenir les altérations ou à limiter leur développement, de façon à maintenir les matériels aptes à l'emploi.

En second lieu, il s'agit de la maintenance corrective (*ex post* ou « après la panne ») qui concerne les opérations ayant pour but de remédier aux avaries survenues en fonctionnement ou aux altérations décelées au cours de la maintenance. À titre d'illustration, on estime que d'un point de vue structurel dans le MCO aéronautique la part strictement préventive concerne environ 50 % des dépenses de MCO, la part strictement corrective 25 % et les 25 % restant oscillent entre préventif et correctif (Fréville 2008, p.49).

Ce chapitre se focalise sur le MCO des matériels des armées françaises depuis le début des années 1990. La préoccupation autour de la question du soutien des matériels de défense est soulignée par l'existence de nombreux rapports d'institutions publiques depuis une quinzaine d'années (Assemblée Nationale, la Cour des Comptes, le Sénat, le Comité des Prix de Revient des Fabrications d'Armement (CPRFA)). La question de la disponibilité des matériels et celle des coûts du soutien ont été évoquées dans ces rapports, mais aussi les moyens mis en œuvre afin d'améliorer le service de MCO, à savoir augmenter la disponibilité tout en maîtrisant ou en réduisant les coûts. Une étude approfondie de ces rapports va nous permettre, d'une part, de poser les bases d'un diagnostic objectif et chiffré concernant la situation du MCO au cours de la décennie 2000, et, d'autre part, de recontextualiser certains changements organisationnels dans la gestion du MCO.

Dans la **première section**, à partir d'une base de données originale que nous construisons, nous proposons une étude statistique d'un indicateur de l'efficacité du MCO : la disponibilité des matériels des armées. À partir de cet indicateur, nous mettons en évidence la crise qui a affecté la disponibilité des matériels majeurs en service dans les armées à la fin des années 1990. Cette crise a joué un rôle déclencheur dans la prise de conscience des enjeux liés

au MCO. Un tel travail de synthèse et de collecte n'a, à notre connaissance, encore jamais été réalisé. L'exercice a aussi pour objectif de familiariser le lecteur avec la grande diversité de matériels entretenus par les armées.

Dans la **deuxième section**, nous nous intéressons à l'évolution des coûts du MCO. Après avoir cerné quelques problèmes sur la mesure des coûts du MCO au niveau agrégé, nous construisons une typologie des principaux facteurs qui influencent l'évolution du coût du MCO. Nous montrons que ce coût évolue d'abord en fonction de facteurs dépendant du cycle de vie des matériels. Mais, le coût du MCO évolue aussi en fonction de facteurs générationnels, comme par exemple le passage d'une génération de matériels à une autre. Aux facteurs précédents, nous rajoutons d'autres facteurs influençant les coûts comme la mise en place de réformes ou encore l'héritage historique et institutionnel. Sur le plan qualitatif, nous appuyons notre propos par des informations obtenues lors d'entretiens semi-directifs réalisés dans les différentes structures en charge du MCO[103].

Dans la **troisième section**, nous présentons les principaux « leviers » mobilisés par le décideur public afin d'améliorer le fonctionnement du MCO. Dans le but de rétablir la disponibilité et maîtriser les coûts, plusieurs pistes ont été suivies. Nous présentons d'abord l'instrument budgétaire en étudiant l'évolution des crédits de maintenance depuis les 15 dernières années. Ensuite, nous approfondissons notre connaissance du MCO en examinant les différentes composantes de la rationalisation du MCO. Nous nous intéressons en particulier aux nouveaux modes de gestion et à la création de structures de maintenance spécialisées « par milieu ».

[103] La liste de l'ensemble des personnes interviewées dans ce travail de recherche est fournie dans l'annexe 4.

Section 1 : La disponibilité des matériels militaires français : étude empirique d'un paramètre déterminant

Cette section analyse un paramètre important dans la possession de matériels de défense : la disponibilité ou « *l'aptitude d'un bien à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant donné, ou durant un intervalle de temps donné* »[104]. Souvent exprimée sous forme d'un taux annualisé, la disponibilité reflète le résultat de l'ensemble du processus industriel qu'est le MCO.

Dans la mesure où nous cherchons à dresser un état des lieux du MCO, nous posons la question suivante : comment la disponibilité des principaux matériels des armées françaises a-t-elle évolué sur la décennie 2000 ?

L'indicateur de disponibilité est communément utilisé pour mesurer l'efficacité du MCO. Nous réalisons une collecte statistique à partir de rapports publics dans lesquels l'indicateur présenté est généralement un indicateur de disponibilité technique de matériels, rassemblés en parcs ou flottes. Cette tâche est très difficile pour plusieurs raisons :

D'abord parce que l'exercice entrepris concerne l'ensemble des matériels des armées, lesquelles entretiennent un nombre considérable de références. L'intérêt de cette étude est donc de couvrir l'ensemble des armées, contrairement aux rapports publics qui traitent souvent les armées de façon séparée.

Ensuite parce que les rapports mentionnés présentent peu d'homogénéité entre eux, ce qui ne facilite ni la lecture comparative, ni la recherche de données chiffrées précises. Bien entendu, ce problème d'homogénéité est lié aux spécificités de chaque armée, mais également aux changements de rapporteurs qui souvent sont amenés à avoir une approche segmentée des sujets traités.

De plus, chaque rapport rassemble généralement des données de disponibilité sur de très courtes périodes – souvent inférieures à trois ans –, ce qui rend difficile l'analyse des grandes tendances. Fait notable qui complique la recherche statistique, pour une période donnée, les chiffres concernant un matériel peuvent être rassemblés dans un rapport d'une institution (par exemple l'Assemblée Nationale), alors qu'elles seront rassemblées dans un rapport d'une autre institution pour la période suivante (par exemple le Sénat).

[104] Définition extraite du projet CEN WI 319-003 (Monchy & Vernier, 2012, p. 214).

Enfin, les données sont historiquement présentées par parcs de matériels (*e.g.* hélicoptères Cougar). Plus récemment, elles sont présentées par grandes catégories de matériel *(e.g.* hélicoptères de manœuvre, dont fait partie le Cougar mais également d'autres appareils), ce qui oblige à certains recoupements et explique parfois l'absence de données pour la période récente (de 2010 à aujourd'hui notamment).

Théoriquement, la disponibilité technique d'un matériel est son aptitude technique à réaliser au moins une mission pour laquelle il a été conçu dans le Projet Annuel de Performance (PAP 2006, p.103)[105]. De manière générale et simplifiée, un taux de disponibilité est un ratio entre un nombre d'appareils en état de fonctionner rapporté au nombre d'appareils en état de fonctionner majoré du nombre d'appareils indisponibles. Soit D le taux de disponibilité pour une période donnée :

$$D = \frac{Matériels\ en\ fonctionnement}{Matériels\ en\ fonctionnement + Matériels\ indisponibles} \qquad (3.1)$$

$$0 < D < 1$$

On trouve parfois une définition de la disponibilité ramenée au temps. Par exemple, un récent rapport de l'Assemblée Nationale propose la définition suivante : « *la disponibilité technique, représentative de l'efficacité du MCO des matériels, est le ratio du nombre de jours de disponibilité sur une période considérée* » (Fromion & Rouillard, 2013, p. 35).

L'indicateur de disponibilité technique mesure alors grossièrement l'efficacité du MCO en réponse à divers facteurs comme la sollicitation des matériels, les variations des coûts, les budgets alloués ou les mesures de restructurations prises[106]. Les disponibilités que nous présentons sont des disponibilités en métropole, présentées dans les rapports de la Cour des Comptes, de l'Assemblée Nationale et du Sénat. L'indicateur permet notamment de suivre la consommation de potentiel des matériels, surtout lorsque les disponibilités en opérations extérieures sont connues.

Nous présentons d'abord des analyses globales par « type de matériels » et par armées. Ensuite, une analyse plus désagrégée « par parc » permet d'affiner l'analyse et de rendre

[105] Concernant les matériels militaires, si cette définition de la disponibilité technique convient à notre exercice, elle mérite d'être examinée compte tenu de : sa variabilité en fonction des armées (1) et de son évolution dans le temps (2). Nous informons le lecteur que la question concernant la critique de l'indicateur est abordée dans la conclusion de cette section.

[106] Par exemple la création de structures interarmées spécialisées dans la maintenance comme la SIMMAD, SSF ou la SIMMT que nous détaillons dans ce chapitre, à la section 3, est susceptible d'influencer l'évolution de ce taux de disponibilité.

compte de l'hétérogénéité des matériels des armées[107]. Lorsque cela est possible, nous apportons des éléments explicatifs aux résultats observés. Nous verrons notamment que les facteurs influençant la disponibilité sont nombreux (*e.g.* variations dans les budgets, sollicitation des matériels, évolution du coût de la maintenance, difficultés dans l'approvisionnement en pièces de rechange[108], etc.).

1.1 La disponibilité des matériels de la marine nationale

a) La disponibilité de l'ensemble de la flotte

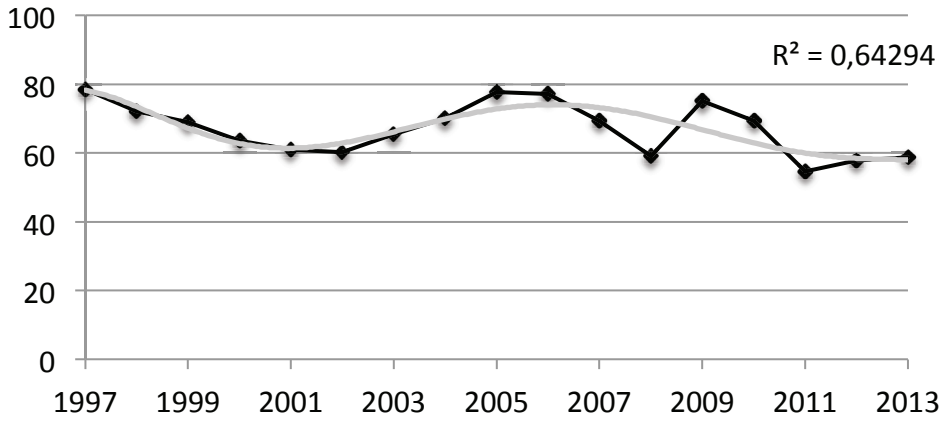
Pour les bâtiments de la marine, le taux de disponibilité correspond généralement au pourcentage de jours durant lesquels le bâtiment a été effectivement disponible au cours d'un mois. L'indicateur qui est présenté ramène la disponibilité sur l'année.

Afin d'avoir une première vision globale de la disponibilité de la flotte nous construisons notre propre indicateur. Celui-ci est une moyenne arithmétique simple des disponibilités de tous les bâtiments de la flotte sur la période (à l'exception des frégates de surveillance dont les disponibilités sont assez mal renseignées en début de période).

[107] L'hétérogénéité peut parfois fausser les moyennes calculées. Elle peut aussi impacter de manière importante l'évolution des coûts du MCO, notamment en réduisant les perspectives d'économies d'échelle et en générant des doublons dans les chaînes de maintenance. Nous verrons cela plus loin lorsque nous étudierons les facteurs influençant l'évolution des coûts du MCO (section 2, Chapitre III).

[108] Ces dernières peuvent elles-mêmes avoir plusieurs causes comme : les difficultés logistiques, la lourdeur de la réglementation dans les passations de marchés, la réorganisation des services ou le sous-effectif chronique en personnels de maintenance.

Figure 32 Disponibilité de la flotte navale (1997-2013)[109]



La flotte perd près de 20 points de disponibilité entre 1997 et 2002. La baisse affecte les bâtiments de combat et de soutien (Meyer 2002, p.13). Cette baisse est la conséquence des nombreuses indisponibilités non programmées des navires sur cette période. Ces indisponibilités ont principalement pour cause des réductions de budgets qui retardent les approvisionnements en rechanges, des problèmes logistiques dans la gestion des rechanges et des délais importants dans les passations de marchés publics (Cova & Kerdraon, 2001).

La disponibilité remonte à partir de 2002 et dépasse 75 % en 2006. Les raisons annoncées de ce relatif succès sont les suivantes : réduction de la durée des arrêts techniques (*e.g.* indisponibilité pour avarie divisée par trois entre 2004 et 2006) et un meilleur respect des délais (*e.g.* retards divisés par 2,5 entre 2004 et 2006) (PAP 2006). Entre 2006 et 2008 la disponibilité se dégrade. La forte baisse de 2008 est notamment due à l'indisponibilité totale du porte-avions Charles de Gaulle pour maintenance. Elle repart à la hausse en 2008 et atteint 78 % en 2009.

En 2010 et 2011, la cible officielle de disponibilité était de 70 % (Labrande, 2010). Aux dires des sources officielles, cette cible était globalement atteinte en 2011 (Amiral Rogel, CEMM *in* Lamour 2011, p.43). Nos données ne confirment pas l'atteinte de l'objectif puisque la disponibilité moyenne est de 58 %[110]. En 2012, la Cour des Comptes dénonçait un niveau

[109] Sur les graphiques que nous présentons, la courbe grise est une courbe « d'ajustement puissance » du degré permettant d'avoir le coefficient de corrélation (R^2) le plus élevé possible. Nous traçons ces courbes afin de rendre plus lisibles les tendances par matériels lorsque ceux-ci sont présentés seuls (*e.g.* les SNA) ou pour des flottes entières (*e.g.* la flotte de la marine). Dans ce cas, le R^2 est indiqué pour chaque matériel présenté dans le coin supérieur du graphique, à droite. Toutefois, lorsque nous présentons plusieurs matériels sur un graphique, pour éviter de surcharger le graphique, nous ne mettons pas le R^2 (*e.g.* la disponibilité des frégates).

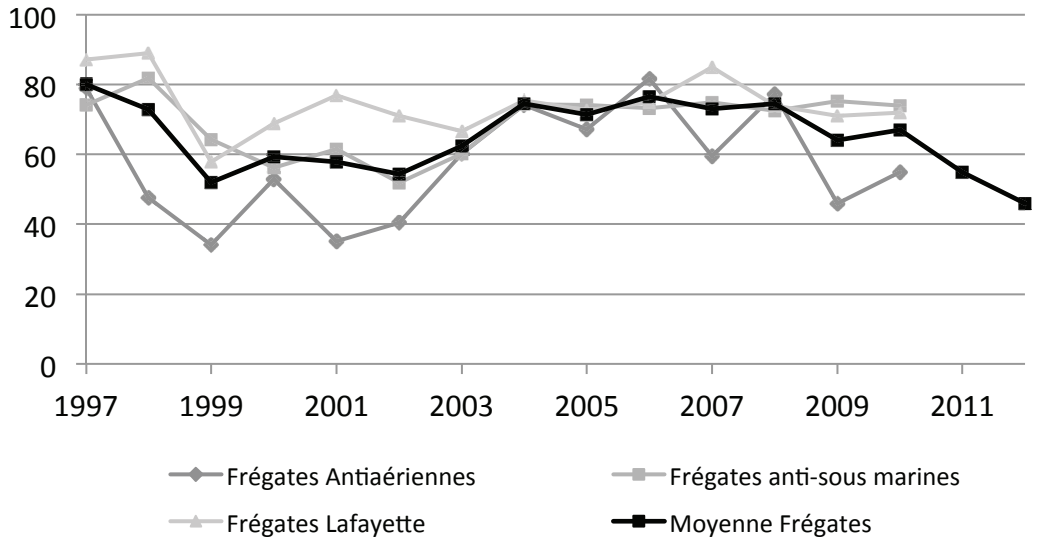
[110] Cette différence de résultat montre selon nous l'intérêt de comparer (lorsque toutefois cela est possible) les résultats observés avec ceux annoncés par les sources officielles (Ministère de la défense ou PAP). L'expérience montre en effet que le taux de disponibilité varie fortement selon les matériels que l'on inclut ou pas dans son calcul.

de disponibilité « *insuffisant pour honorer pleinement les contrats opérationnels* » (Cour des Comptes 2012, p.63). L'indicateur est notamment pénalisé par des indisponibilités pour aléas sur les bâtiments amphibies et les frégates (Lamour 2011, p.22), mais également les fortes sollicitations dues aux Opex (Libye en 2011 notamment). Les prévisions de disponibilité pour 2013 et au-delà sont plutôt en baisse par rapport aux prévisions, notamment pour les bâtiments amphibies et les parcs en renouvellement. En 2012, en termes de disponibilité globale des matériels navals, le rapporteur « marine » de la commission défense résumait une situation tendue : *« Aujourd'hui, la marine n'est plus capable de mettre en œuvre, en permanence et simultanément, l'ensemble de ses capacités d'intervention sans dégrader la réalisation des contrats opérationnels des autres fonctions stratégiques* » (Le Bris, 2012, p. 8).

Mesurer un taux global sur un parc très hétérogène ne rend compte que partiellement de la situation réelle. Nous proposons alors une analyse de la disponibilité par type de matériel. Nous commençons par les frégates.

b) Disponibilité des frégates

Figure 33 Disponibilité moyenne des frégates (sauf frégates de surveillance) (1997-2012)



La marine nationale dispose de plusieurs types de frégates. Ces dernières sont hétérogènes en âge et en « technicité ». Nous distinguons les frégates anti-aériennes (FAA), les Frégates anti-sous-marines (FASM), les frégates Lafayette.

L'ensemble des frégates suit une évolution assez homogène avec une baisse de la disponibilité à la fin des années 1990 et début des années 2000, puis une remontée progressive

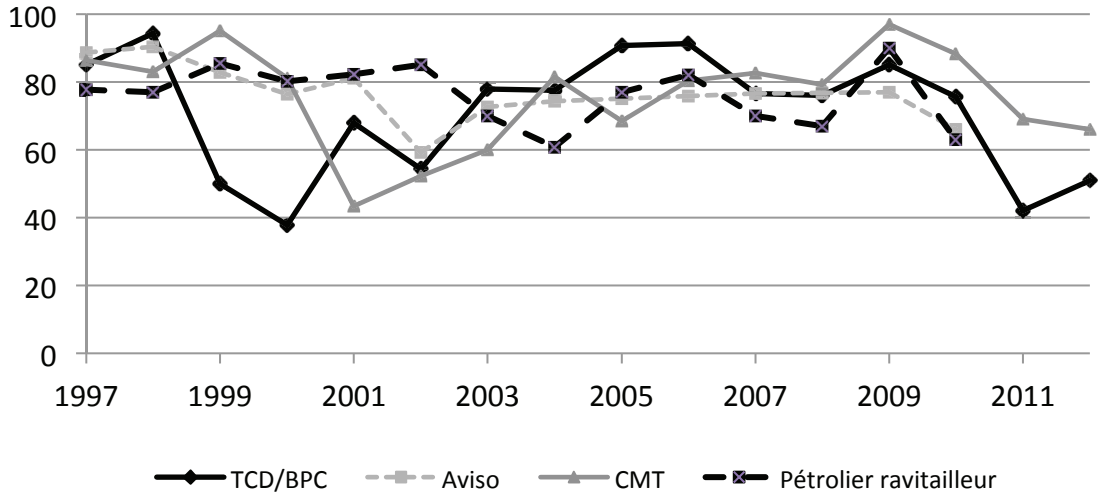
jusqu'au standard de 70 %. Globalement, la disponibilité moyenne des frégates baisse fortement de 1997 à 2002. Elle passe de 80 % à un peu plus de 50 % entre 1997 et 2002. Elle remonte ensuite progressivement et se stabilise entre 70 et 75 % sur la période 2004-2009. Puis, la disponibilité moyenne passe de 67 % en 2009 à 55,5 % en 2011 (Cour des Comptes 2012, p.63). Pour l'ensemble des frégates, à la fin des années 2000, la cible de 70 % n'est pas atteinte avec une tendance en baisse depuis 2006 (PAP 2011, p.129). En 2012, la disponibilité des frégates se dégrade fortement avec un taux de 46 %. Ceci est à mettre en relation avec le vieillissement de ces navires, dont le risque de panne s'accroît avec l'âge (la moyenne d'âge des frégates est de 18 ans en 2013) (Eckert & Launay 2012, p.39).

Les frégates anti-aériennes (FAA) ont enregistré la plus faible disponibilité (minimum de 35 % atteint en 1999). De leur côté, les cinq frégates de classe Lafayette (admises au service actif entre 1996 et 2001) arrivent à mi-vie. La modernisation qui aura lieu à cette période impactera certainement leur disponibilité (Lamour 2011, p.33).

c) La disponibilité des TCD et BPC, chasseurs de mines, pétroliers et Aviso

Nous analysons maintenant la disponibilité des TCD/BPC (navires de transport de troupes et de matériels), des chasseurs de mine, des pétroliers ravitailleurs et des Aviso.

Figure 34 Disponibilité des TCD/BPC, chasseurs de mines, pétroliers et Aviso (1997-2012)



* Le TCD (Transport de Chalands de Débarquement) assure le transport et le débarquement du tiers d'un régiment mécanisé. Ce navire peut mettre en œuvre quatre hélicoptères lourds et assurer l'hospitalisation et les soins aux blessés. La France possède deux TCD (la Foudre et le Siroco). Les bâtiments de projection et de commandement (BPC) leur succèdent. Trois de ces navires ont été construits par la France : le Mistral, le Tonnerre et

le Dixmude (ce dernier est entré en service en 2012). Comme les TCD et BPC ont des fonctions assez semblables, nous les regroupons pour donner une meilleure disponibilité des supports de projection de force.

La disponibilité de ces navires chute de 85 % à 54 % entre 1997 et 2002. Elle remonte globalement dans la décennie 2000, malgré une légère baisse entre 2006 et 2008. Considérée comme satisfaisante en 2009 – 85 %, soit 5 points de disponibilité au-dessus du seuil fixé par le PAP) (PAP 2011, p.129) – , la disponibilité chute après 2009 et passe sous la barre des 50 % en 2011.

* La disponibilité des chasseurs de mines tripartites (CMT) baisse fortement à la fin des années 1990 et au début de la décennie 2000. En 2001, le taux de disponibilité atteint un minimum de 40 %. Il remonte progressivement et se stabilise autour de 80 % à partir de 2006. En 2009, la cible de 80 % est atteinte (PAP 2011, p.129), mais la disponibilité baisse de nouveau et descend à 72 % en 2011. Deux des treize chasseurs de mines ont été désarmés en 2009 pour économiser des crédits de MCO. Vers 2020, ces navires devraient être remplacés par des drones.

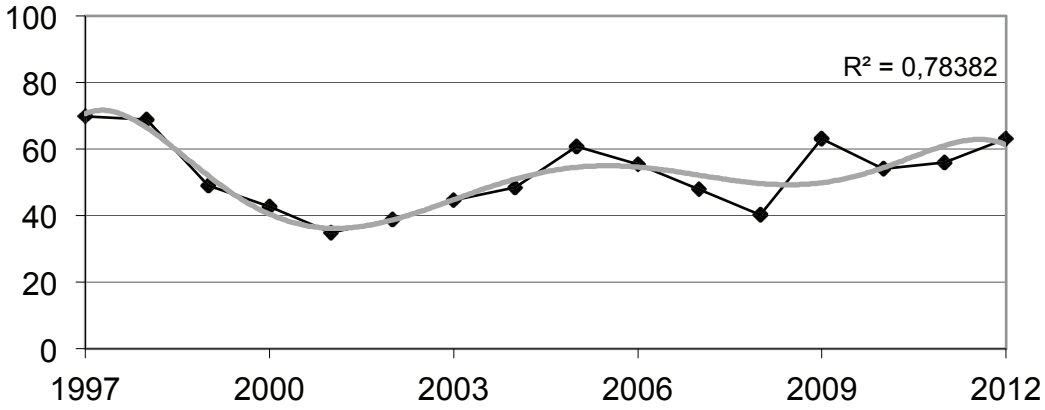
* Les deux pétroliers-ravitailleurs de la marine sont en service actif depuis trente ans. Ces navires conditionnent la capacité de la marine à intervenir dans la durée et à grande distance de la métropole. Leur disponibilité est assez erratique sur la période analysée. Après une disponibilité excellente de plus de 80 % au début des années 2000, ils enregistrent une baisse jusqu'en 2004. Passée cette date, la disponibilité remonte jusqu'en 2007, puis diminue de nouveau. En 2009, elle était d'environ 60 %. Théoriquement, le renouvellement de cette flotte est prévu à partir de 2018 (Lamour 2011, p.34).

* L'Aviso est un navire de faible tonnage et polyvalent. La marine a mis en service plusieurs classes d'Aviso dont les derniers sont les 17 Aviso type « A69 » de la classe d'Estienne d'Orves de 1976 à 2010. En 2010, les neuf Aviso sont encore en service. La disponibilité de ces bâtiments enregistre également une baisse prononcée de 30 points sur la période 1997-2002. La remontée est progressive sur le reste de la décennie 2000 sans toutefois atteindre la cible de 80 % fixée par les PAP.

d) La disponibilité des sous-marins

* Les Sous-marins Nucléaires d'Attaque (SNA) sont destinés à des missions de protection et de projection de puissance. Six SNA de classe Rubis sont entrés progressivement en service dans la marine nationale française entre 1983 et 1992.

Figure 35 - Disponibilité moyenne des SNA (1997-2012)



La dégradation de la disponibilité se fait ressentir pour les SNA avec une situation très critique au début des années 2000 (Fréville & Trucy 2007). Leur disponibilité baisse fortement entre 1997 et 2001 où elle atteint un minimum de 38 %. Elle remonte jusqu'en 2005, puis descend à nouveau sur la période 2005-2008. En 2009, elle était de 50 %, soit dix points de disponibilité au-dessous du seuil cible de 60 %.

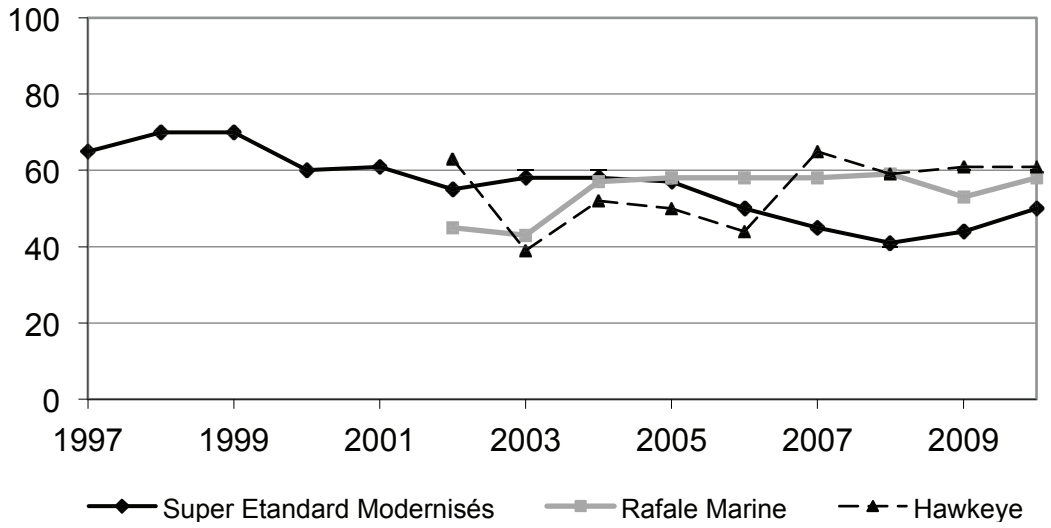
Le redressement de la disponibilité est assez net pour les SNA au début des années 2000. Les difficultés concernant cette flotte résultent de décisions qui ont conduit à toujours laisser un bâtiment à quai, en plus des arrêts techniques programmés, ceci en raison d'une limitation des ressources budgétaires allouées (Cour des Comptes 2012, p.63). La génération de SNA (classe Rubis) doit être renouvelée à partir de 2017 (classe Barracuda).

* Enfin, les SNLE (sous-marins nucléaires lanceur d'engins) sont des sous-marins à propulsion nucléaire équipés de missiles balistiques à tête nucléaire. Leur mission est la dissuasion nucléaire. La crédibilité de la dissuasion impose la présence d'un sous-marin en patrouille et un deuxième en posture. Les deux restants sont en maintenance[111]. Dans le MCO, ces matériels sont budgétairement « sanctuarisés ».

[111] Il n'y a pas de statistiques de disponibilité portant sur la flotte de SNLE. Ceci est bien évidemment lié au caractère stratégique de ces matériels. Compte tenu du cycle des SNLE et de la taille de la flotte française, un taux de 50 % de disponibilité suffit à assurer la fonction de dissuasion nucléaire.

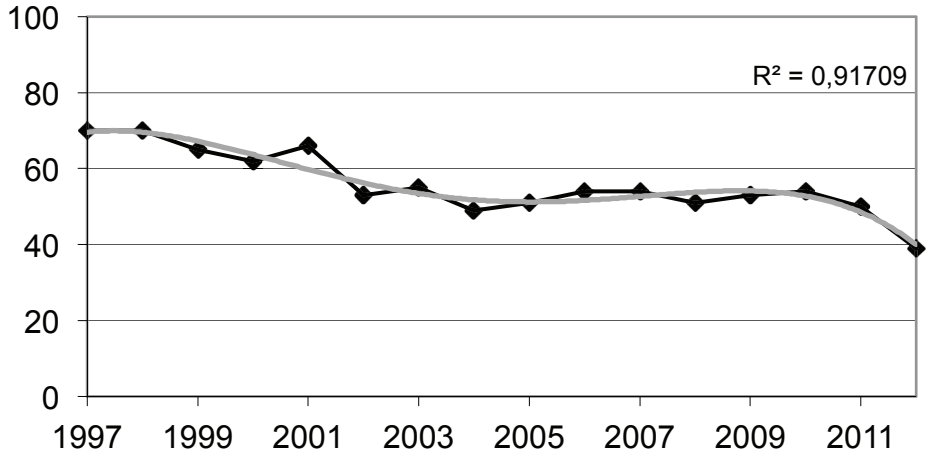
e) *La disponibilité de la flotte aéronavale*

Figure 36 Disponibilité moyenne des avions embarqués de la marine (1997-2010)



* La disponibilité des Super Etendard est en baisse dans la décennie 2000 avec une perte de 30 points de disponibilité entre 1998 et 2008. Entre 2008 et 2010, leur disponibilité remonte jusqu'à 50 %. L'amélioration résulterait d'une meilleure gestion des parcs. À partir de 2002, on note l'introduction croissante du Rafale. Démarrant à 45 % en 2002, la disponibilité de cet appareil augmente pour atteindre 60 % en 2008. En 2008-2009, on observe ensuite une légère baisse de disponibilité car les parcs de Rafale souffrent de difficultés rencontrées sur certains équipements (*e.g.* moteur) (PAP 2006). À la fin de l'année 2010, la disponibilité du Super Etendard de la marine était de 50 % et celle du Rafale marine 56 %. Bien que nous n'ayons pas de données précises pour cette période, il semblerait que la situation des Super Etendard ne se soit pas améliorée en 2011 en raison de la recrudescence d'avions à réparer au retour de mission du porte-avions (SIMMAD 2011, p.62). Un tel besoin est à mettre en relation avec les importants besoins de l'opération Harmattan en Libye.

Figure 37 Disponibilité des Atlantique 2 (ATL 2) (1997-2012)



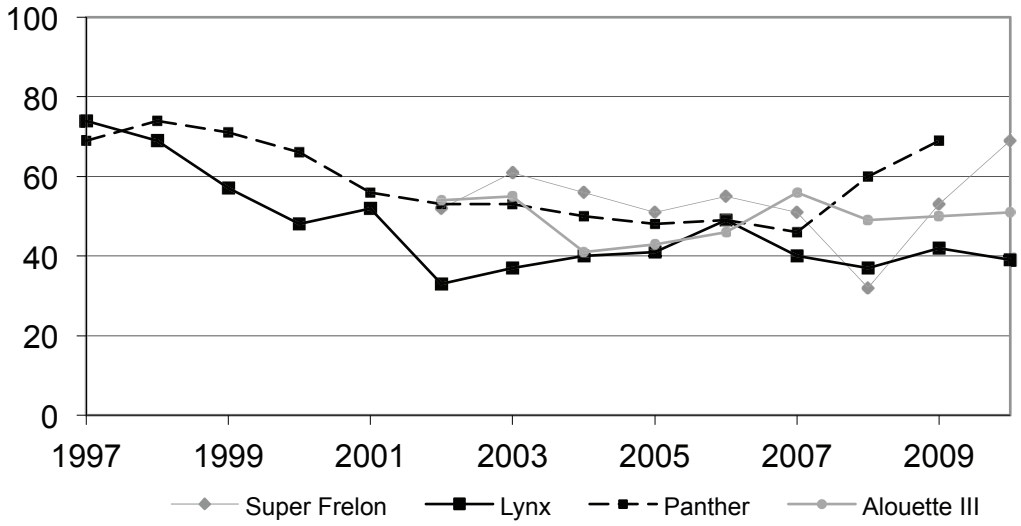
* L'Atlantique 2 (ATL 2) est un avion de patrouille dédié à la surveillance et à la chasse sous-marine. La disponibilité de cet appareil est à la baisse sur la décennie. En 2007, les ATL2 de la marine française ont subi un *retrofit*[112], ce qui a permis à la disponibilité de se maintenir. En 2008, le parc total était de 27 appareils contre 22 appareils en 2011. Leur âge moyen est de 20 ans, ce qui explique en partie la baisse de la disponibilité à la fin de la période. Leur forte sollicitation est également en cause. À l'horizon 2020, il ne devrait rester que 12 ATL2 en parc, sans successeur attendu avant 2025 (Tanguy 2010a, p.18). Un programme de modernisation de ces appareils mené par Thalès est actuellement en cours. Théoriquement, la disponibilité des ATL2 devrait croître entre 2013 et 2015, du fait de cette modernisation et de l'effort financier réalisé à leur profit (Eckert & Launay 2012, p.41).

* Concernant les hélicoptères de l'aéronavale, une baisse de la disponibilité est observable entre 1997 et 2002. À la fin de la décennie 2000, si elle a remonté pour les Panther, elle reste faible pour les Lynx. En effet, en 2010, beaucoup de Lynx étaient indisponibles faute de pièces de rechange (le britannique Westland ne fabriquant plus de rechange pour le modèle français). La situation de ces appareils reste préoccupante. D'un côté, la baisse du format devrait permettre de libérer des pièces de rechange et d'améliorer la disponibilité des flottes. Mais d'un autre côté, il est possible que la disponibilité soit affectée par des changements organisationnels (notamment un transfert de charge de travail entre le SIAé[113] de Cuers Pierrefeu et le tout récent SIAé Bretagne).

[112] Le *retrofit* est une pratique consistant à échanger des pièces usées et des composants d'équipements obsolètes tout en maintenant la configuration des équipements et de l'unité de production d'origine.

[113] SIAé : Service Industriel de l'Aéronautique

Figure 38 Disponibilité des hélicoptères de la marine (sauf Dauphin – 1997-2010)



Dans l'aéronavale, on relève donc une « crise de disponibilité » au début des années 2000. La disponibilité moyenne de l'ensemble des aéronefs de la flotte aéronavale (hélicoptères et avions) évolue plutôt à la baisse sur la décennie 2000. À la fin de la décennie 2000, la disponibilité de nombreux aéronefs de la marine est préoccupante. L'obsolescence de certains matériels joue fortement sur les taux de disponibilité (Bombeau, 2010b, p. 32). La disponibilité est fragile en raison d'un allongement de la durée des visites préventives pour certains appareils (*e.g.* Hawkeyes, SEM, ATL2, Panther, Alouette et Lynx) (Le Bris, 2012, p. 12), des chantiers de modernisation (*e.g.* ATL2, Panther, SEM, Lynx et Rafale), d'une augmentation des aléas techniques et de difficultés logistiques (Cour des Comptes 2012, p.64). Ces aléas techniques entraînent des immobilisations longues et nécessitent souvent l'intervention des industriels étatiques et/ou privés. Les fortes sollicitations lors des Opex affectent également la disponibilité des matériels de l'aéronavale (PAP 2007). Entre 1998 et 2012, la corrélation entre la disponibilité des matériels de l'aéronavale et les surcoûts d'Opex – pris comme proxy de « l'intensité d'effort en Opex » – est négative et statistiquement significative (seuil de 5 % ; $R^2 = 0{,}25$).

À moyen terme, l'évolution de la disponibilité dépendra notamment de la maîtrise des délais d'indisponibilité dans le cadre des visites associées aux chantiers de modernisation[114], la gestion de l'externalisation du MCO de certains matériels (*e.g.* Dauphin) et des orientations à suivre quant à l'avenir du MCO des hélicoptères les plus récents (*e.g.* EC 225, NH-90).

[114] En particulier, l'amélioration de la disponibilité des parcs Panther et Dauphin va dépendre directement de la performance du SIAé qui est désormais dépositaire de l'objectif de dotation au profit des forces.

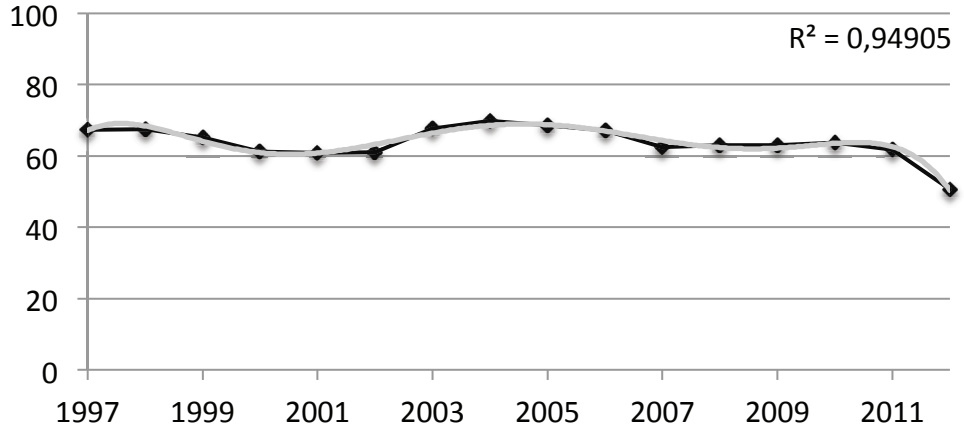
Globalement, la disponibilité des matériels de l'aéronavale reste *« assez loin des objectifs »* (Cour des Comptes 2012, p.64), voire est « *insuffisante* » (elle a par exemple conduit à réduire de 9 % l'activité au 2ème semestre 2012 (Le Bris, 2012, p. 35)). La cible de disponibilité à l'horizon 2013 est fixée à 50 % pour ces matériels. Des objectifs revus à la baisse par rapport à la LPM, par souci de cohérence avec les ressources disponibles, les fortes sollicitations récentes des matériels et les arrêts techniques prévus.

1.2 La disponibilité des matériels de l'armée de l'air

a) La disponibilité de l'ensemble de la flotte de l'armée de l'air

Concernant l'armée de l'air, l'indicateur de disponibilité que nous présentons regroupe les disponibilités moyennes des avions de chasse (Mirage et Rafale), des avions de transport (C160, C130, KC 135, Casa-CN 235), les avions école et les avions de surveillance (Awacs). Nous excluons de l'analyse les hélicoptères de l'armée de l'air, appareils pour lesquels nous n'avons pu collecter que très peu de données.

Figure 39 Disponibilité des matériels aéronautiques de l'armée de l'air (1997-2012)



Certains rapports consultés dénoncent une baisse tendancielle du taux de disponibilité pour l'ensemble des aéronefs de l'armée de l'air depuis 1996-1997 (Fréville 2008, p.16–17). Nos données ne permettent pas de conclure aussi négativement. La disponibilité diminue légèrement de 1997 à 2002. Elle s'améliore progressivement dans la première moitié des années 2000 et passe de 60 % en 2000 à 70 % en 2004. Néanmoins, l'objectif de 75 % affiché pour 2003 (Pintat, 2001, p. 46) n'est pas atteint. Une légère baisse de la disponibilité est à nouveau constatée en 2004-2005, notamment à cause des chasseurs dont les moteurs posent des problèmes d'entretien (Mirage 2000 et Mirage F1) (Nogrix, 2005, p. 18).

À partir de 2004, on observe à nouveau une détérioration du taux de disponibilité qui atteint 60 % en 2007 (pour un taux cible fixé à 75 % dans la LPM) (Marini 2007). Cette baisse de disponibilité technique trouverait sa cause dans : l'augmentation des heures de vol effectuées en Opex (+ 30 % entre 2005 et le début de l'année 2007) qui entraîne mécaniquement une moindre disponibilité en métropole, un fort taux de panne des moteurs des Mirage 2000, et des problèmes logistiques pour les trois ravitailleurs KC135R (PAP 2006). Cette baisse intervient dans un contexte de réformes majeures visant à l'équilibre financier de la structure de maintenance des matériels aéronautiques et à la mise en place d'un plateau technique pour la maîtrise d'œuvre sur les moteurs de l'aviation de chasse (PAP 2006).

À la fin des années 2000, le taux moyen de disponibilité était d'un peu plus de 60 %, soit 10 points de moins qu'en 1997. Des analystes dénoncent l'atteinte du plus faible niveau historique pour certains appareils : 55 % (Bombeau, 2008b, p. 52). Un chiffre de 20 points inférieur aux 75 % prévus par la LPM 2003-2008. La disponibilité se détériore légèrement entre 2009 et 2011 et reste en dessous des 60 %. En 2012, elle dépasse à peine les 50 %[115].

Dans la mesure où les moyennes peuvent cacher des disparités, pour mieux refléter la disponibilité technique moyenne des aéronefs de l'armée de l'air, il est pertinent d'esquisser un « portrait » de la disponibilité moyenne de chaque type de flotte.

b) La disponibilité des avions de chasse

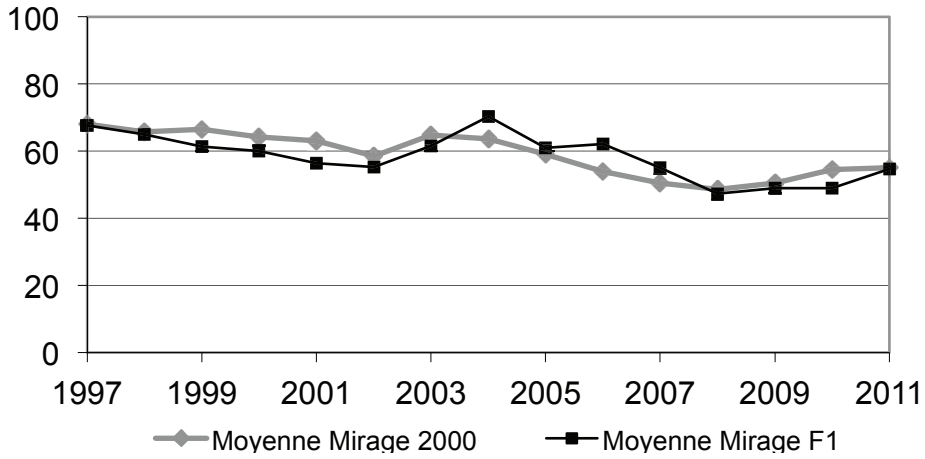
* Le Rafale est un avion polyvalent produit par Dassault Aviation. À l'horizon 2025-2030, il devrait remplacer les cinq types d'aéronefs en service dans l'armée de l'air et la marine. Lancé à la fin des années 1980, ce programme a souffert de retards dus à des reports successifs de commande et de livraison, principalement en raison de contraintes budgétaires. En 2012, l'appareil âgé de 5 ans en moyenne, représentait 30 % du parc d'avions de chasse de l'armée de l'air (Steuer, 2012a, p. 26). La disponibilité en métropole des Rafale de l'armée de l'air était de 59 % en 2008, de 48 % en 2009 et de 52 % en 2010 (Viollet, 2011, p. 36). Les cinq premiers mois de l'année 2011, elle s'établissait aux alentours de 50 %.

* Le Mirage équipe l'armée de l'air sous différentes versions. Il en existe plusieurs versions et notamment les Mirage F1 et la génération suivante, le Mirage 2000. Si l'on se

[115] Notons bien qu'un taux de 50 % ne signifie pas que 50 % des aéronefs de l'armée de l'air sont en panne. Si certains avions sont indisponibles du fait de difficultés techniques, d'autres le sont en raison d'un cycle « normal » de maintenance.

réfère aux graphiques suivants qui retracent la disponibilité de ces deux appareils, nous voyons que la disponibilité globale des Mirage est plutôt à la baisse sur la période 1997-2010 avec un creux de disponibilité entre 1997 et 2002, plus prononcé pour le Mirage F1. Un creux de disponibilité pour ces deux avions est atteint en 2002 avec près de dix points de moins qu'en 1997. A partir de 2002, la disponibilité repart à la hausse pour ensuite redescendre pour le Mirage F1, tandis que celle du Mirage 2000 diminue plus nettement. À la fin des années 2000, la disponibilité des Mirage est d'un peu plus de 50 %.

Figure 40 Disponibilité moyenne des Mirage 2000 et Mirage F1 (1997-2011)



À moyen terme, la réduction du parc Mirage F1 vieillissant (près de 40 ans d'âge moyen) devrait permettre une meilleure adéquation entre les moteurs et les cellules d'avions, et donc jouer positivement sur la disponibilité (Bombeau, 2009a, p. 152). Le retrait complet du parc est prévu en 2014.

Les Mirage 2000, livrés entre 1992 et 2002, sont les Mirage les plus récents en service et constituent le plus important parc de chasseurs de l'armée de l'air. Ces appareils, à vocation de bombardier (air-sol) sont conçus comme des appareils « de transition » pour combler les retards sur la livraison du Rafale. La fragilité de la disponibilité des Mirage 2000 est due à des problèmes de motorisation. Le réacteur M53 souffre particulièrement de l'usure de certaines pièces et de la faible dimension du stock de pièces de rechange (Bombeau, 2008b, p. 54). De plus, l'hétérogénéité de la flotte en termes d'équipements et de logiciels complique sa gestion (Steuer, 2012a).

À moyen terme, le parc français de chasseurs devrait reposer sur deux appareils : le Rafale et le Mirage 2000. Si le parc de Mirage est en décroissance, une partie des appareils doit rester en service au moins jusqu'en 2026. Ainsi, les 77 Mirage 2000D (basés sur la BA-133 de Nancy-Ochey) – dont 60 environ sont en état de vol – doivent faire l'objet d'une

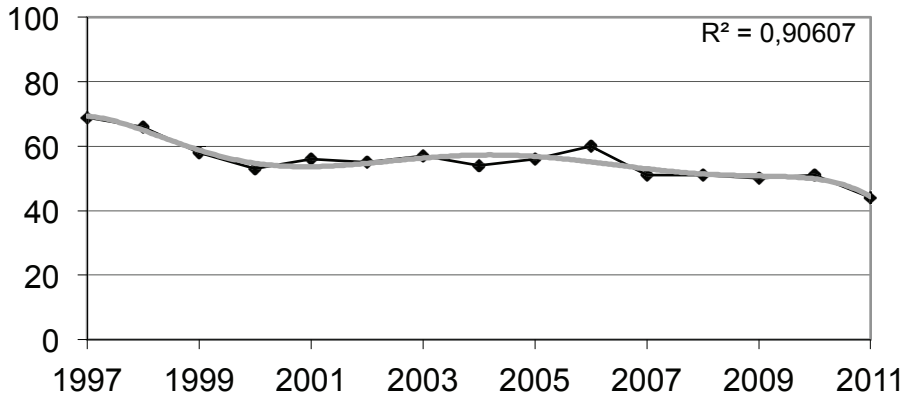
rénovation majeure à partir de 2014. Celle-ci consistera à intégrer aux avions des équipements « sur étagère » (*e.g.* nouveau radar, missile Mica). Elle devrait améliorer leur disponibilité (Steuer, 2012a).

c) La disponibilité des avions de transport et logistique

Dans le transport militaire aérien, les trois principales flottes sont les C-130, les C-160 et les Casa. Elles se caractérisent par un vieillissement avancé (notons que les 22 C-160 sont entrés en service en 1967). Seuls les Casa, à la capacité d'emport plus limitée, sont de facture récente.

* Le C-160 Transall est un avion de transport fabriqué par un consortium franco-allemand. Si depuis son entrée en service en 1967, la France en a possédé jusqu'à 75 exemplaires, en 2013, l'armée de l'air n'en n'aligne plus qu'une trentaine. De 1994 à 1999, tous les C-160 français ont été rénovés. Bien qu'en limite de fin de vie – âge moyen supérieur à 40 ans –, ces appareils devraient cependant être maintenus en service jusqu'en 2018 (contre un retrait prévu initialement en 2015) (Boucheron 2011, p.27).

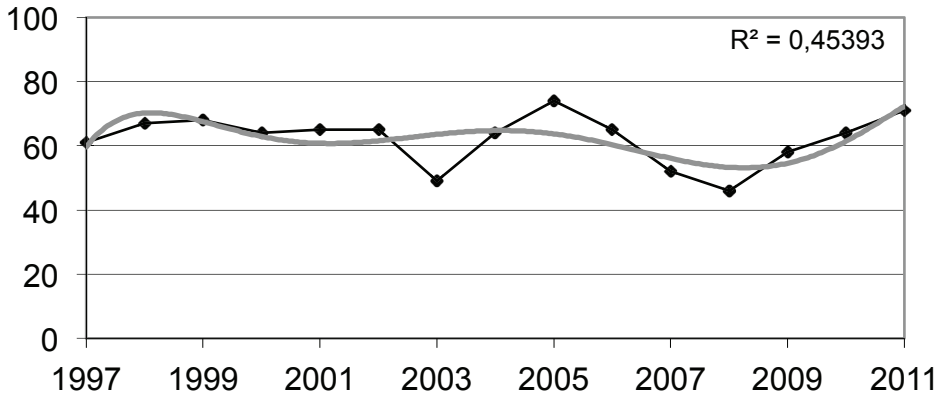
Figure 41 Disponibilité moyenne des C-160 "Transall" (1997-2010)



La disponibilité des C-160 est plutôt en baisse sur la période étudiée. Le taux de disponibilité passe de 70 % en 1997 à 57 % en 2003. En 2010, la disponibilité de ces avions de transport était de 50 %, son plus bas niveau depuis dix ans (sur un parc d'une cinquantaine d'appareils). De trois à cinq appareils devraient être retirés chaque année jusqu'à n'en conserver que 22 exemplaires à l'horizon 2015 (Bombeau & Tanguy 2010, p.30). Leur disponibilité devrait alors progresser entre 2010 et 2011, en pourcentage mais pas en nombre d'appareils (SIMMAD 2011).

*Le C-130 Hercule est un avion de transport conçu à la fin des années 1950 par les États-Unis (Lockheed). La France a acquis quatorze C-130 entre 1987 et 1997 en complément des Transall.

Figure 42 Disponibilité moyenne des C-130 "Hercule" (1997-2011)



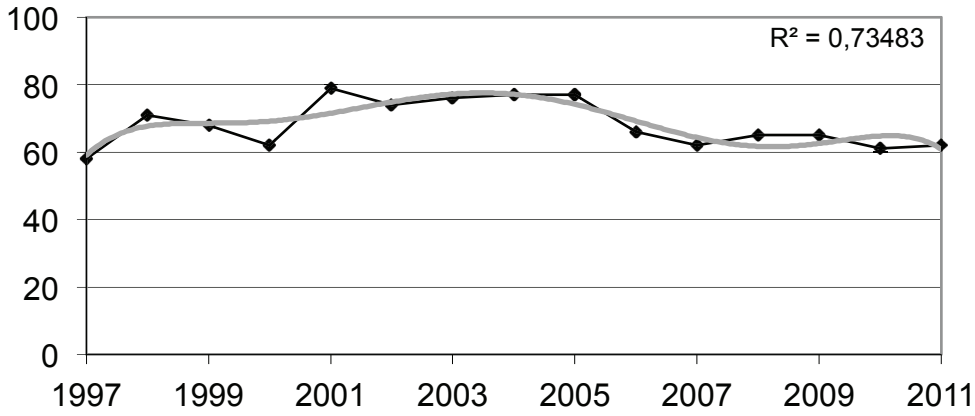
Pour ces appareils, la disponibilité est plus erratique. Le seuil minimum d'un avion sur deux disponible est atteint en 2003. La disponibilité des appareils remonte et atteint presque 75 % en 2005. Cette amélioration est due à une optimisation de la gestion de fin de vie des appareils (PAP 2006). Elle retombe à nouveau à 50 % en 2007. Depuis 2007, la disponibilité des C-130 demeure aux alentours de 60 %. En 2010 elle était de 64 % et considérée comme stable compte tenu du plan d'actions instauré fin 2010. Au final, en 2010, sur un parc de 14 appareils, de quatre à sept appareils sont en fait disponibles (Bombeau & Tanguy 2010, p.30).

Globalement la disponibilité de cette flotte vieillissante – 35 ans d'âge moyen – est fragile. L'entretien de la flotte rencontre des difficultés industrielles qui rallongent les délais de réparation (Eckert & Launay 2012, p.41). La flotte additionne les indisponibilités pour cause de modernisation programmée et les visites périodiques confiées à l'entreprise portugaise Ogma (cellule) et à l'atelier industriel de l'aéronautique de Bordeaux (moteurs) (Bombeau & Tanguy 2010, p.30). À court terme, la disponibilité des C-130 devrait rester contrainte par d'importants chantiers de rénovation (SIMMAD 2011, p.62). Cependant, il n'est pas exclu qu'elle s'améliore légèrement grâce à un plan d'actions spécifiques (Cour des Comptes 2012, p.66).

*Les Boeing C-135 et KC-135 sont des avions ravitailleurs qui emportent près de 90 tonnes de carburants pour ravitailler en vol tous les appareils de l'armée de l'air. Ces avions, particulièrement âgés – 49 ans d'âge moyen en 2013 – voient leur disponibilité

remonter à la fin des années 1990, pour stagner à environ 75 % et ensuite descendre à environ 60 % depuis 2006.

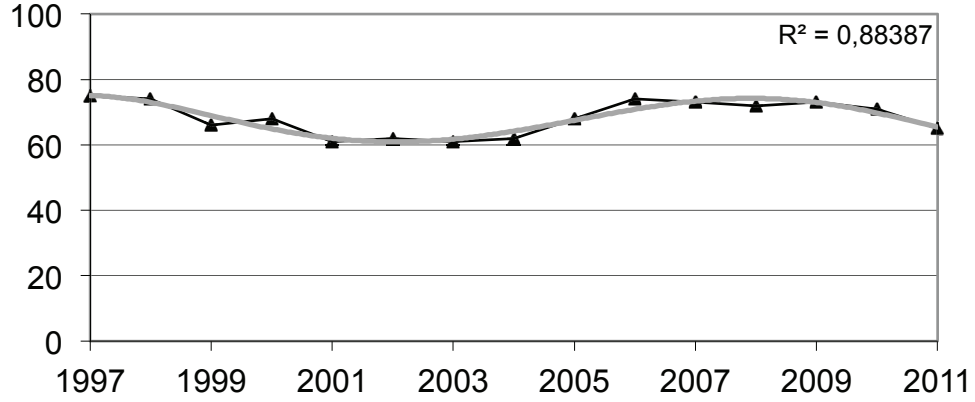
Figure 43 Disponibilité moyenne des KC-135 (1997-2011)



En particulier, une rénovation avionique immobilise ces appareils depuis début 2010. Ce chantier immobilise l'équivalent de quatre avions jusqu'en 2012-2013 (1,33 avions indisponibles par an, en moyenne pour les 14 avions) (SIMMAD 2011, p.62). Leur MCO n'est techniquement pas garanti au-delà de 2020 (Boucheron 2011, p.28). La situation pour ces appareils est critique, d'autant plus que l'entrée en service de l'Airbus MRTT, le successeur prévu, a été repoussée (la première livraison devrait avoir lieu en 2017-2018).

*Le CN-235, produit par l'espagnol Casa (Aibus Military), est entré en service en 1991. En 2013, la France aligne 27 Casa (dont huit CN235-300 neufs commandés pour pallier les retards de l'A400M). Les Casa voient leur disponibilité affectée à la fin des années 1990 et sur la première moitié de la décennie 2000. Elle remonte entre 2003 et 2006 pour ensuite stagner aux environ de 70 %.

Figure 44 Disponibilité moyenne des CN-235 CASA (1997-2011)



Globalement, dans le transport militaire, la situation est tendue. Les armées restent très dépendantes de la flotte de C-130, dont la disponibilité, plutôt erratique sur la décennie 2000, reste très fragile. Le vieillissement de l'ensemble des appareils entraîne des problèmes de disponibilité, qui combinés avec des retards de livraisons des avions de remplacement A400M génèrent des tensions dans le transport aérien militaire[116]. La livraison d'appareils Casa 235-300 en 2012 devrait permettre d'atténuer cette tendance, malgré la poursuite du retrait de service des C-160 (cinq avions retirés en 2011, puis huit en 2012).

Ces problèmes de disponibilité affectent la capacité des armées à remplir les missions. En 2011, un rapport établit qu'en l'état actuel des choses, « *l'armée de l'air ne dispose donc plus des moyens d'honorer l'ensemble de ses missions tactiques* » (Viollet, 2011, p. 43). À terme, cette situation entraînerait des pertes capacitaires et des pertes de compétences. Selon le Général Palomeros, Major Général de l'Armée de l'Air (MGAA), à la fin des années 2000 le transport militaire aérien était entré dans « *un lent processus de dégradation »* (Bombeau, 2009c, p. 32). Pour l'instant, il semblerait que le déficit capacitaire ait été partiellement limité grâce à un contrat passé avec une firme russe qui met en œuvre des avions gros porteurs au profit de 17 États membres de l'OTAN (550 heures de vol par an pour la France, pour un coût de 25 millions d'euros). Cette « solution » entraîne une dépendance des armées à la firme détenant le contrat et pose la question de sa pérennité sur le long terme. Elle s'est d'ailleurs traduite par une augmentation unilatérale des tarifs entre 2009 et 2010.

d) La disponibilité des E3F Awacs

Les quatre E3F Awacs[117] sont des stations radar volantes permettant de surveiller l'espace aérien. L'importance de ces avions fait de leur disponibilité une priorité. Après une légère baisse en 2003, leur disponibilité remonte et dépasse les 85 % en 2008. Elle diminue légèrement en 2009 mais reste supérieure à 80 %. Jusqu'en 2016, les E3F subiront des rénovations susceptibles d'affecter leur disponibilité (SIMMAD 2011, p.62).

[116] D'une capacité d'emport maximal de 32 tonnes, l'A400M pourra transporter 17 tonnes de fret à 5 500 km sans escale. On estime par exemple qu'ils auraient permis d'effectuer les transports pour l'opération Harmattan sur la Libye avec cinq ou six fois moins de rotations. La France a prévu d'en acquérir 50 unités, ainsi que 25 kits d'autoprotection permettant d'effectuer tous types de missions tactiques en zones de menaces. La première livraison de l'A400M devrait avoir lieu en 2013, suivie de huit avions en 2014, et enfin 35 jusqu'en 2020. La livraison du cinquantième et (théorique) dernier avion est prévue en 2024.

[117] AWACS : Airborne Warning and Control System.

e) La disponibilité des hélicoptères de l'armée de l'air

Concernant les hélicoptères de l'armée de l'air nous n'avons pas réussi à collecter de série statistique fiable. Néanmoins, en 2012 leur disponibilité était considérée comme en deçà des objectifs fixés par la LPM en raison de problèmes spécifiques liés aux flottes de Puma et de Super Puma (moyenne d'âge de 34 ans) qui tombent régulièrement en panne (Cour des Comptes 2012, p.64). Ceci pose des difficultés logistiques notamment pour se procurer certaines pièces détachées.

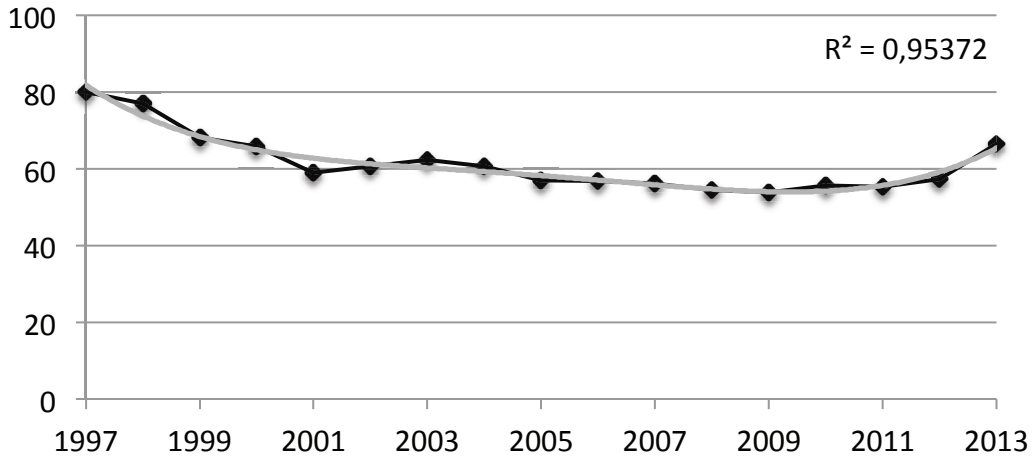
1.3 La disponibilité des matériels de l'armée de terre

Nous présentons maintenant les tendances de disponibilité des principaux matériels de l'armée de terre. Des matériels de nature très différente doivent être analysés. Il y a d'abord les matériels tactiques de l'armée de terre (*e.g.* blindés légers, blindés lourds et principaux équipements d'artillerie). Il y ensuite les matériels aéronautiques de l'aviation légère de l'armée de terre (ALAT) (*e.g.* hélicoptères, avions légers). Chacune de ces catégories est complétée, dans la limite de disponibilité des données, par une analyse désagrégée de la disponibilité des matériels.

a) La disponibilité des principaux matériels terrestres de l'armée de terre

Concernant l'ensemble des matériels terrestres de l'armée de terre, l'indicateur que nos présentons est établi sur la base de la collecte des disponibilités moyennes des « blindés légers » (ERC90, AMX10 et VAB), des « blindés lourds » (AMX30 et Leclerc à partir de 2001) et l'artillerie (TRF1, Roland, AMX 30-AUF1 et LRM). Nous excluons les engins blindés du génie et les véhicules légers de transports de troupes, aux disponibilités non-renseignées (ou très mal renseignées) sur la période.

Figure 45 Disponibilité des principaux matériels terrestres de l'armée de terre (1997-2013)



Jusqu'au milieu des années 1990, le contexte stratégique exigeait de disposer d'une disponibilité tendant vers les 100 % pour la plupart des matériels terrestres majeurs. Vers le milieu des années 1990, l'évolution du contexte et la baisse des budgets consacrés à l'entretien programmé des matériels (EPM) ont conduit l'armée de terre à limiter la disponibilité des parcs majeurs des matériels terrestres à 80 %.

Néanmoins, au delà de ces 80 %, la disponibilité à continué à se réduire à partir de 1997. Les données présentées ci-dessus traduisent bien cette baisse de disponibilité pour les principaux matériels terrestres à la fin des années 1990. Concernant l'ensemble des parcs des véhicules tactiques, la tendance globale est à la baisse jusqu'en 2009. De 1997 à 2000, le parc perd près de 20 points de disponibilité pour atteindre un minimum de 58 % en 2001 (année d'entrée en service du char Leclerc). La disponibilité remonte entre 2001 et 2003 et atteint 62 %.

À partir de 2003 (début de la LPM 2003-2008) la disponibilité moyenne du parc rediminue à nouveau. Sur la seconde moitié de la décennie 2000, les résultats obtenus sont en deçà des objectifs fixés par la LPM (qui sont de 75 %)[118]. Une telle situation s'explique par : une augmentation des pannes sur les matériels vieillissants, des difficultés rencontrées dans l'exécution des marchés, des opérations de MCO non prévues liées à la mise aux normes de sécurité et d'environnement et l'augmentation du coût des pièces de rechange (PAP 2006).

Il ne faut pas non plus oublier la contrainte que fait peser en métropole l'effort consenti au profit des matériels déployés en Opex. Sur la période 1998-2012, la disponibilité

[118] Les normes « cibles » de disponibilité retenues par l'armée de terre pour la disponibilité technique de ses équipements sont de 75 % dans la LPM et 80 % selon les PAP (Programmes Annuels de Performance).

des matériels de l'armée de terre en métropole est négativement corrélée aux dépenses d'Opex (significativité au seuil de 5 %).

Les données présentées résument la disponibilité en métropole. Si l'on considère la disponibilité moyenne des différents parcs de matériels terrestres (Opex inclus) en 2009, elle s'élève à 75,4 % (avec une augmentation de plus de 2 % par rapport à celle de 2008) (SIMMT 2009, p.6).

À partir de 2009 (début de la LPM 2009-2014), la disponibilité des matériels terrestres remonte pour dépasser les 65 % en 2013. En dépit de la forte sollicitation des matériels sur cette période, nous pensons que cette remontée peut être causée, d'une part, par une hausse des crédits de maintenance et, d'autre part, par le développement de nouveaux contrats d'entretien pour les matériels, lesquels sont souvent indexés sur des obligations de résultats (cas notamment du Leclerc ou de certains blindés légers).

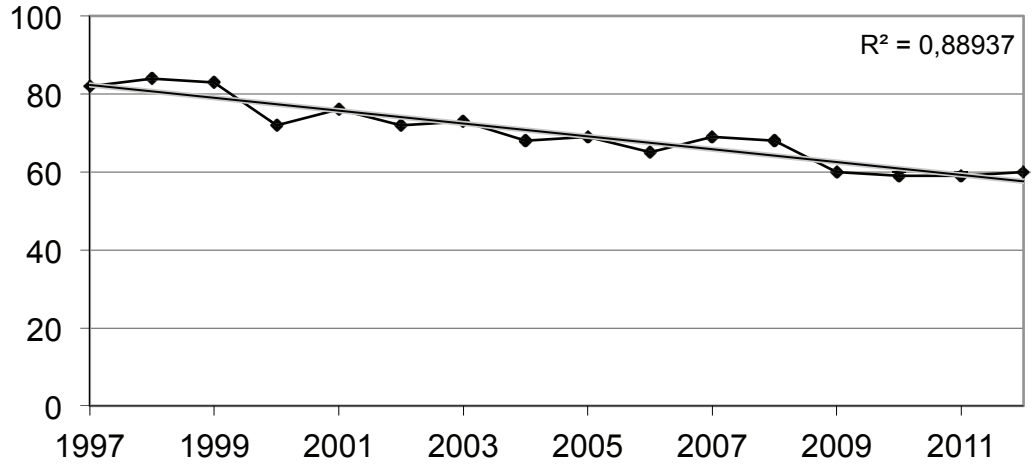
Donner une image représentative de la disponibilité moyenne des matériels est difficile en raison de la très forte diversité des matériels de l'armée de terre. L'analyse en termes de moyenne masque la forte hétérogénéité des matériels et de l'évolution de leur disponibilité. Nous approfondissons alors l'analyse en étudiant la disponibilité par « types de matériels ».

b) La disponibilité des VAB et VBL et ERC90 Sagaie

* Le VAB (Véhicule de l'Avant Blindé) est actuellement le véhicule de transport de troupes le plus répandu dans l'armée de terre française[119]. En 2012, l'armée de terre possédait près de 3 600 VAB en version « transport de troupe » ainsi que 30 VAB Hot, 185 VAB Milan et 185 VAB Eryx (trois modèles équipés de missiles) (Bihan, 2012, p. 83).

[119] Autrefois construit au sein des ateliers de Creusot-Loire à Saint-Chamond, il est aujourd'hui produit par Renault Trucks Defense (RTD)

Figure 46 Disponibilité moyenne des VAB (1997-2012)



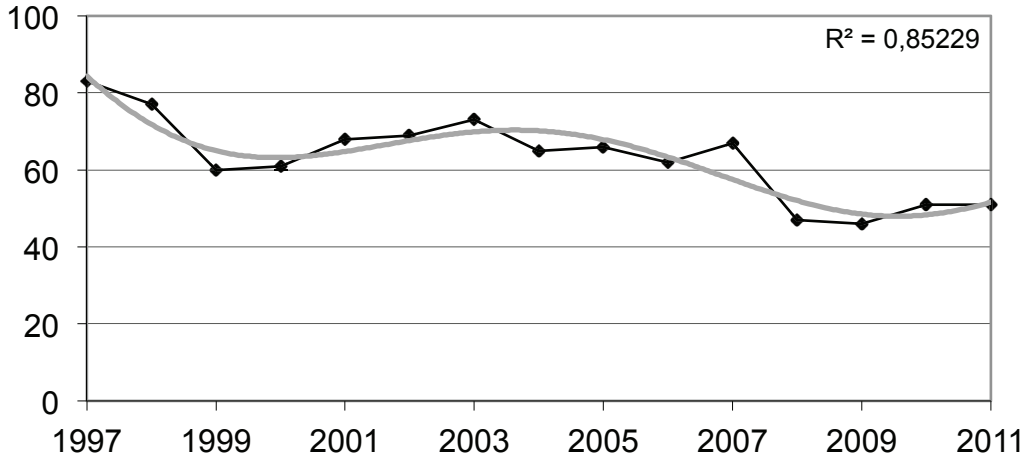
Les VAB perdent plus de dix points de disponibilité entre 1997-2002. La situation continue à se dégrader sur la décennie et la disponibilité atteint 60 % en 2012. Ce faible taux s'explique en partie par des opérations de rénovation sur la seconde moitié de la décennie (Cornut-Gentille, 2011, p. 176). De plus, ces matériels sont très sollicités. La disponibilité atteint 60 % en 2012 avec une amélioration prévue en 2013 grâce à la passation d'un nouveau marché avec Renault Trucks Defense (Puyeo, 2012, p. 28).

* Les VBL sont des véhicules blindés légers aérotransportables, parachutables et amphibies[120]. Ces véhicules de patrouille et de liaison, particulièrement adaptés à la projection de forces, sont entrés en service en 1990. En 2012, l'armée de terre avait 1 594 VBL en service (Bihan, 2012). Nous n'avons que très peu de données pour ce véhicule. Notons toutefois qu'elle avoisine les 70 % avec une légère tendance à la baisse entre 2007 et 2011 (perte de quatre points). Le parc souffre de problèmes d'obsolescences dans sa motorisation et est également très sollicité en Opex. Les approvisionnements en pièces de rechange sont destinés en priorité aux Opex, ce qui impacte la disponibilité en métropole (Carrez & Giscard d'Estaing, 2010, p. 57).

* L'ERC-90 Sagaie est un blindé léger conçu par Panhard dans les années 1970. En 2012, environ 160 ERC-90 étaient en service dans l'armée de terre (Bihan, 2012).

[120] Ce véhicule a été développé au début des années 1980 par la Société de Constructions Mécaniques Panhard et Levassor.

Figure 47 Disponibilité moyenne des ERC-90 (1997-2011)



La disponibilité de ce matériel est à la baisse sur la décennie. Ce blindé accuse une baisse de près de 40 points de disponibilité sur dix ans avec une légère remontée sur la période 2000-2003. Il souffre notamment de problèmes techniques (J.O.A.N, 2011). Il s'agit de défauts de fabrication portant sur la boîte de vitesses, le tableau de bord, la fonction NBC et le démarrage à froid (Carrez & Giscard d'Estaing, 2010, p. 57). Après un minimum de 46 % de disponibilité atteint en 2009, le taux remonte légèrement en 2010 et 2011. La modernisation de ce parc a démarré en 2007. La rénovation, prévue pour 160 engins (sur 192 en service) devrait permettre de maintenir l'ERC-90 en service au-delà de 2020.

c) La disponibilité des chars (AMX10, AMX30 et Leclerc)

Les chars plus fortement blindés et les chars lourds ont également enregistré une baisse de leur disponibilité annuelle moyenne dans les années 2000. Dans ces blindés, il convient de distinguer les AMX-10 –chars légers se décomposant eux-mêmes en AMX10-P[121] et en AMX10-RC –, des AMX-30 – chars lourds – et enfin des chars Leclerc – chars lourds –.

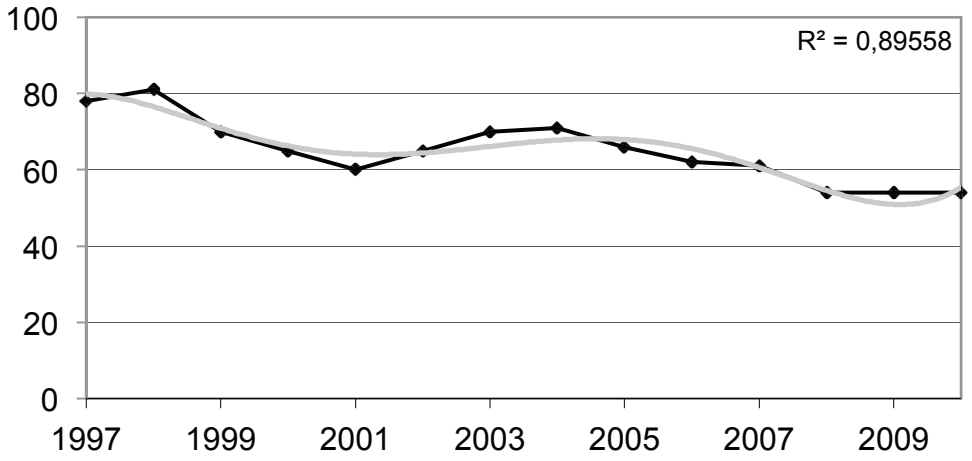
* L'AMX-30 fût le char de combat de l'armée française pendant plus de 30 ans[122]. Son taux moyen de disponibilité passe de 78 % en 1997 à 60 % en 2001. Il remonte jusqu'en 2004 pour se dégrader de nouveau. La disponibilité des AMX-30 était d'environ 55 % en 2010, dans une tendance plutôt en baisse, mais cependant jugée comme satisfaisante. L'important volume du parc permet un recours aux prélèvements de pièces détachées à partir des engins

[121] Blindés plutôt conçus comme des véhicules de combat d'infanterie.

[122] Conçu par les Ateliers de construction d'Issy-les-Moulineaux (AMX), il a été produit à environ 3 500 exemplaires à partir de 1966 (dont la moitié destinée à l'exportation). Il a été retiré du service actif en 2011.

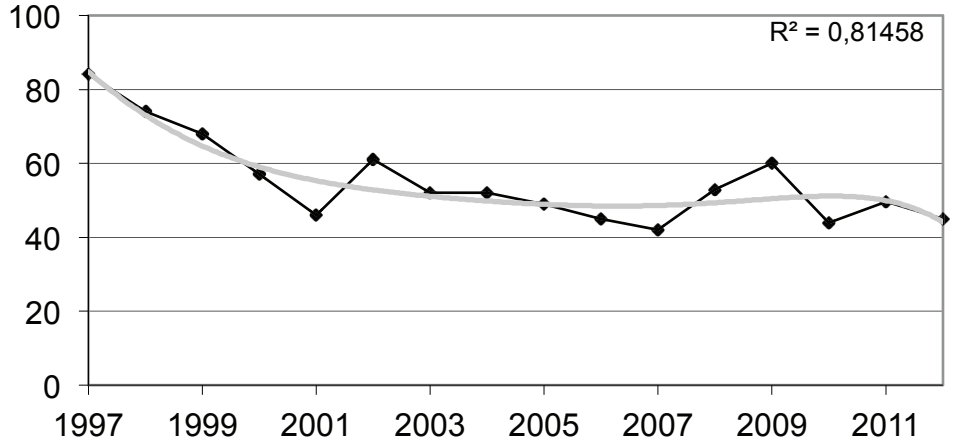
devenus excédentaires, ce qui garantit durant la seconde moitié des années 2000 une certaine satisfaction des besoins.

Figure 48 Disponibilité technique des AMX-30 (1997-2010)



* En 2012, l'armée de terre possédait 256 blindés légers AMX-10 RC (Bihan, 2012). En service dans l'armée française depuis 1980[123], ce blindé est destiné à remplir des missions de renseignement, de sûreté et d'investigation.

Figure 49 Disponibilité moyenne des AMX-10RC (1997-2012)



La disponibilité des AMX-10RC est très affectée entre 1997 et 2000. Elle remonte au début des années 2000 pour redescendre à nouveau à 42 % en 2007. Elle remonte après 2007 et atteint 60 % en 2011. La disponibilité du parc est jugée critique à la fin de la décennie 2000. À la fin des années 2000, l'engin est en cours de revalorisation pour être amené au standard AMX 10 RCR (Rénové). 300 AMX10-RC ont ainsi été révisés sur un parc total en service de 323 unités (CPRFA 2009, p.9). Une inversion de tendance de disponibilité est attendue à partir de 2013, liée au nouveau marché de MCO. Néanmoins, ceci est à nuancer à

[123] Il fut fabriqué en série dans les ateliers de Roanne du GIAT puis le Centre de Roanne de GIAT Industries à la fin des années 1970.

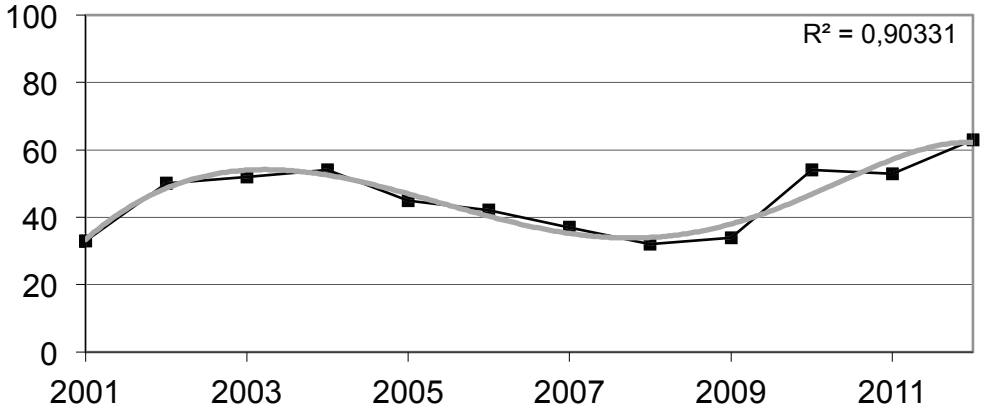
cause des opérations de modernisation entre 2012 et 2014 qui pourraient, au contraire, affecter sa disponibilité (Eckert & Launay 2012, p.38). *In fine*, il semblerait que la disponibilité de ce matériel se maintienne aux environs de 50 % en 2013 (Puyeo, 2012, p. 28).

La disponibilité moyenne des AMX-10 RC est caractérisée par des phénomènes « d'à-coups » (*cf.* les pics sur le graphique précédent). Ces phénomènes sont particulièrement visibles en 2002 et sur la période 2007-2009. L'âge du parc engendre des difficultés d'approvisionnement en pièces de rechange. La politique de prélèvement (cannibalisme) sur les engins retirés du service limite la baisse du niveau de disponibilité des matériels en ligne, la priorité étant donnée aux Opex et à l'entraînement (Carrez & Giscard d'Estaing, 2010, p. 56). Comme pour les AMX-30, l'important volume du parc permet un recours aux prélèvements de pièces détachées sur des véhicules devenus excédentaires.

En conclusion, les chars AMX ont plutôt des tendances de disponibilité à la baisse sur la décennie 2000. Cependant, il semblerait que la disponibilité technique moyenne des AMX-30 soit moins erratique que celle des AMX-10. Pour les deux matériels, la crise de disponibilité de la fin des années 1990 et début des années 2000 est particulièrement visible.

* Le cas du char Leclerc est particulièrement emblématique des problèmes du MCO. Initialement conçu pour s'opposer aux forces de l'ex Pacte de Varsovie en Centre Europe, le char Leclerc est un char d'assaut lourd français fabriqué par Nexter (anciennement Giat Industries) jusqu'en juillet 2008. Malgré des débuts difficiles et une longue mise au point, le Leclerc est devenu l'unique char lourd de l'armée de terre, permettant ainsi d'assurer la relève des AMX-30. Depuis 2005, la France dispose de quatre régiments équipés de chars Leclerc répartis sur le territoire national. En 2012, l'armée de terre en entretenait 254 chars Leclerc.

Figure 50 Disponibilité des chars Leclerc (2001-2012)



Enregistré à 33 % de disponibilité en 2001, le Leclerc voit sa disponibilité augmenter entre 2001 et 2004 pour ensuite retomber. En 2008, il atteignait 32 % de disponibilité. Le taux de disponibilité des chars Leclerc a été redressé depuis son point bas de 2008, établi à 32 %. En janvier 2011, ce taux s'établissait à 53 % après un pic à 57 % en 2010. Le marché « Soutien en service post production » (SSPP) notifié fin 2009 aurait alors permis une croissance progressive de la disponibilité du parc (Carrez & Giscard d'Estaing, 2010, p. 56). La disponibilité est de 63 % en 2012. Elle devrait progressivement s'améliorer à partir de 2014, année à partir de laquelle le marché passé avec Nexter devrait commencer à produire son plein effet (Puyeo, 2012, p. 28).

Notons toutefois que la disponibilité des Leclerc projetés au Liban était jugée très satisfaisante. On retrouve ici la notion de priorité dans la maintenance des matériels en Opex, laquelle peut impacter la disponibilité en métropole.

d) La disponibilité des Engins Blindés du Génie, des véhicules utilitaires et de l'artillerie

* Malgré le peu de statistiques disponibles, quelques mots sur la situation des Engins Blindés du Génie (EBG). Le châssis de ces engins est le même que celui de l'AMX-30 sur lequel sont montés divers équipements du génie (*e.g.* pelle, grue). Leur disponibilité tourne autour de 50 % sur les cinq dernières années. Ces matériels sont vieillissants et les opérations de démantèlement d'une partie du parc se poursuivent. D'ici 2015, une partie de ce parc devrait être modernisée. Pour ces « micro parcs » de une, deux ou trois unités, l'indicateur de disponibilité technique est peu pertinent. Ainsi, un seul matériel indisponible peut faire très lourdement chuter la disponibilité (Carrez & Giscard d'Estaing, 2010, p. 58).

* Concernant les véhicules utilitaires (par exemple les VLTT ou Véhicules Légers Tous Terrains, aérotransportables et aérolargables), l'absence de série statistique empêche de se prononcer de manière rigoureuse quant à leur disponibilité. La disponibilité de ces matériels atteint les 70 % en moyenne (68 % en janvier 2011) (Cornut-Gentille, 2011, p. 169). Ces matériels sont également vieillissants, mais il semblerait que le réapprovisionnement en pièces de rechange et le plan de prélèvement sur les véhicules déclassés permettent de maintenir le niveau de disponibilité actuel.

* Enfin, la disponibilité de l'artillerie est également affectée au début des années 2000. Nous notons toutefois que pour la plupart de ces matériels, la disponibilité s'améliore depuis 2005 avec des taux compris entre 60 % et 70 %. Mais, la bonne disponibilité des matériels

récents (Caesar) ne suffit pas à améliorer celle de l'ensemble du parc de 155 mm, qui s'élève à 60 % en 2012. Les matériels vieillissants (AUF1, TRF1) tirent l'indicateur vers le bas.

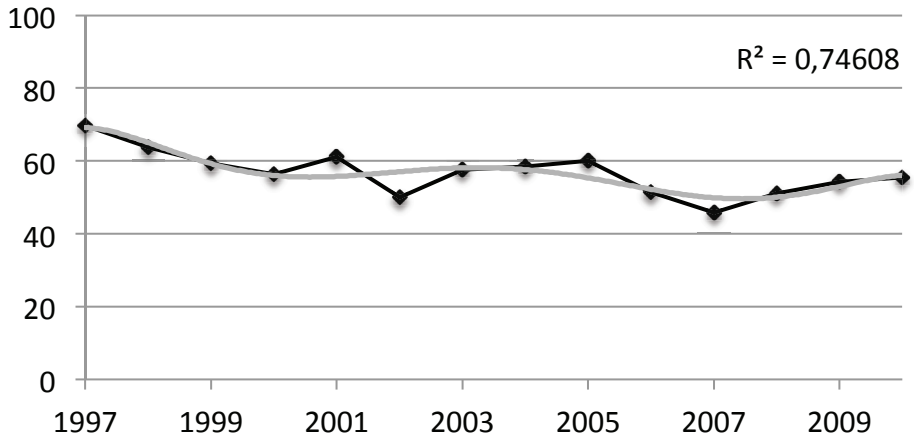
e) La disponibilité des matériels de l'ALAT

Un second groupe de tendances concerne la disponibilité des matériels aéronautiques de l'armée de terre et notamment des hélicoptères. L'hélicoptère est aujourd'hui un matériel crucial dans la projection de forces. « *L'hélicoptère, qu'il soit de combat ou de manœuvre, offre aux forces aéromobiles la modularité nécessaire pour projeter leurs unités tant à l'extérieur que sur le territoire national* » (Vinçon, 2002a, p. 7).

Les appareils de l'ALAT (Aviation Légère de l'Armée de Terre) représentaient près de 70 % de la flotte d'hélicoptères des armées en 2002 (Vinçon, 2002a, p. 10). À la fin des années 2000, la proportion est la même avec 68 % des voilures tournantes qui appartiennent à l'ALAT en 2010 (sur un total de 511 appareils militaires, hors Gendarmerie, se répartissant comme suit : 351 machines pour l'ALAT et les forces spéciales, 80 pour l'armée de l'air et 80 pour la marine) (Tanguy 2010, p.32).

L'indicateur que nous présentons est établi sur la base des disponibilités moyennes des Gazelle, Puma et Cougar pour la période 1997-2006. À partir de 2006, il prend aussi en compte trois nouveaux matériels entrés en service : le Tigre, l'ERC-725 Caracal et le Fennec.

Figure 51 Disponibilité technique du parc aéronautique de l'armée de terre (1997-2010)



Alors que les normes retenues par l'armée de terre pour la disponibilité de ses matériels aéronautiques sont de 70 %, les résultats obtenus se sont dégradés depuis la fin des années 1990 et au début des années 2000. En 2000, le taux de disponibilité moyen des principaux matériels aéronautiques de l'armée de terre atteint à peine 60 % (Vinçon, 2002b, p. 24-25). Après une très légère amélioration en 2001, cette chute continue et la disponibilité

atteint un premier minimum de 50 % en 2002. Elle remonte jusqu'à atteindre 60 % en 2005. Elle se dégrade à nouveau et atteint un second minimum de 45 % en 2008. Globalement, à la fin des années 2000, la disponibilité est en dessous des objectifs. En termes de disponibilité, la situation des matériels aéronautiques de l'armée de terre est également considérée comme très « critique » au début des années 2000 avec une perte des capacités d'emports aéromobiles estimée à 50 % entre 2005 et 2011 (Vinçon 2001, p.24).

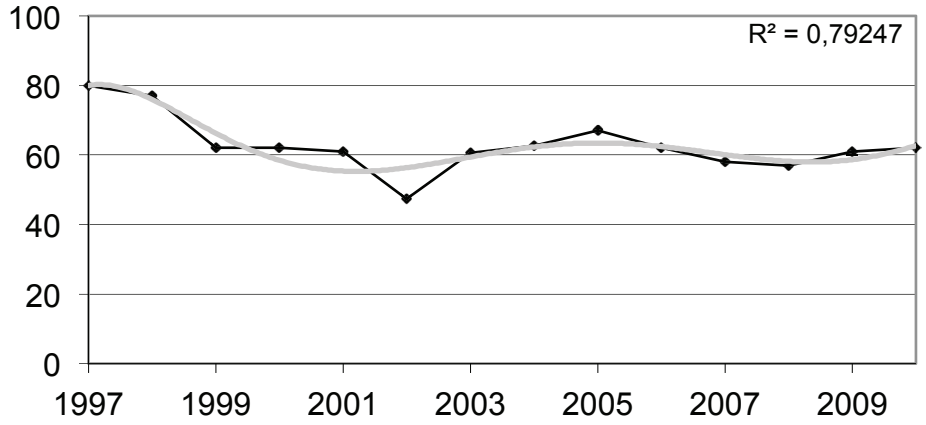
A partir de 2011 (données non disponibles), il semblerait que la disponibilité des hélicoptères de l'ALAT se soit à nouveau dégradée en raison d'une priorité accordée aux Opex. Cet effort, ajouté à un cumul de visites d'entretien périodique et curatif, sur certains parcs (*e.g.* Puma) a entraîné des retards allant jusqu'à six mois dans les opérations de maintenance en métropole. Une stabilisation est amorcée et devrait se consolider en 2012. Ici encore, une analyse désagrégée de la disponibilité des matériels est nécessaire.

***** La Gazelle est un hélicoptère léger polyvalent produit en série à partir du début des années 1970[124]. Malgré son ancienneté, cet hélicoptère forme encore aujourd'hui la force principale des hélicoptères de combat de plusieurs pays. La « crise de disponibilité » est particulièrement notable pour la Gazelle. La disponibilité de cet appareil atteint un minimum en 2002 (48 % du parc disponible). Le taux remonte ensuite pour décroître de nouveau et se stabiliser à environ 60 % du parc, soit 20 points de disponibilité de moins qu'en 1997. Actuellement, avec environ 63 % de disponibilité sur l'ensemble des parcs Gazelle (173 unités sont en activité dans les forces), il semblerait que les appareils répondent aux objectifs fixés par l'état-major. La réduction du parc devrait permettre de maintenir une bonne disponibilité globale du fait d'un recours plus fréquent au « cannibalisme » pour les pièces détachées. Concernant la version Viviane[125] notamment, la bonne gestion du marché de MCO du viseur assure une certaine stabilité de la disponibilité du système d'armes à 70 % (soit quarante viseurs) (Carrez & Giscard d'Estaing, 2010, p. 59).

[124] La Gazelle fut produite par la Société Nationale Industrielle Aérospatiale (SNIAS ou Aérospatiale) en collaboration avec Westland Helicopters (Royaume-Uni). Plus de 1 250 Gazelle ont été fabriquées en France et 262 au Royaume-Uni.

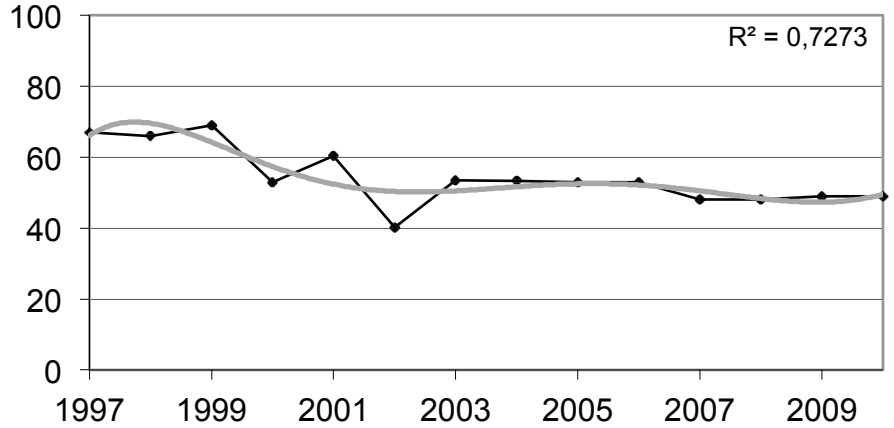
[125] La Gazelle Viviane est une Gazelle modifiée pour recevoir une lunette/viseur qui rassemble en un seul équipement une caméra thermique, optique et un télémètre laser permettant l'observation et le tir de jour ou de nuit et par tous les temps. Ce système est plus lourd que le viseur standard et a nécessité certaines modifications de l'appareil par rapport à la version classique (*e.g.* renforcement de la cellule, remplacement des pales d'origine).

Figure 52 Disponibilité moyenne des hélicoptères Gazelle (1997-2010)



* Le Puma est un hélicoptère de transport moyen. Ces appareils passent d'un taux moyen de 70 % à un taux moyen de 50 % en 12 ans avec un creux de 40 % en 2002. En 2010, leur taux de disponibilité était d'environ 50 %. En 2012, le parc de cet hélicoptère comptait environ 93 appareils dans l'armée de terre (Bihan, 2012, p. 83). La réduction progressive de ce parc vieillissant de 90 appareils de 38 ans d'âge est programmée depuis 2010 (Bombeau, 2010a). La modernisation d'une trentaine de Puma a eu lieu à partir de 2010 avec le remplacement des équipements de communication et de navigation. Ces importantes opérations d'entretien (2ème niveau technique d'intervention - NTI 2) ont rendu difficile la bonne tenue des objectifs de disponibilité pour l'année 2011 (SIMMAD 2011, p.62).

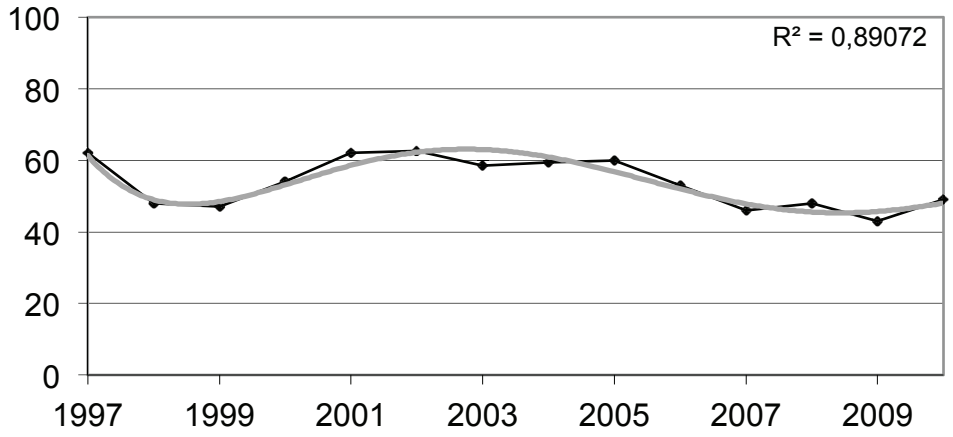
Figure 53 Disponibilité moyenne des hélicoptères Puma (1997-2010)



* Version améliorée du Puma, le Cougar se décline en près de neuf versions différentes. En 2012, 23 appareils étaient comptabilisés dans le parc de Cougar (Bihan, 2012). Ces aéronefs, de conception plus récente, connaissent aussi une baisse de leur disponibilité entre 1997 et 1999, mais voient une amélioration nette de leur disponibilité au début des années 2000. Après une stagnation à 60 % entre 2001 et 2005, ils accusent ensuite une baisse constante jusqu'en 2009, date où la disponibilité dépasse à peine les 40 %. La disponibilité

repart à la hausse puisqu'en 2010, 50 % des appareils étaient disponibles. Cependant, l'ALAT doit engager à partir de 2011-2012, une remise à niveau de ces appareils – par exemple six machines en 2010, soit un tiers de la flotte en ligne –, à raison d'un peu moins d'un an d'immobilisation par appareil (Bombeau, 2010a). Ce chantier de *retrofit* qui vise à amener les appareils à un standard avionique plus proche de celui des huit EC725 Caracal – appareils plus modernes – devrait s'étaler jusqu'en 2017 (Steuer, 2012b, p. 20). Ceci ne se fera probablement pas sans impact sur la disponibilité globale du parc.

Figure 54 Disponibilité moyenne des hélicoptères Cougar (1997-2010)



En conclusion, la disponibilité moyenne de ces deux parcs évolue à la baisse sur la décennie 2000, mais pas au même rythme. Elle est plutôt constante pour les Puma – avec cependant deux « accidents» en 2000 et 2001 – alors que pour les Cougar elle évoque plutôt une succession de type « yo-yo» sur la période. Il ressort des rapports que la disponibilité des parcs Puma et Cougar reste faible en raison de difficultés logistiques (Carrez & Giscard d'Estaing, 2010, p. 59). Cette situation est de plus aggravée par un grand nombre d'opérations d'entretiens dont la durée est plus longue. L'arrivée progressive des NH90 doit permettre à terme de rajeunir le parc des hélicoptères de manœuvre et d'améliorer la disponibilité d'un parc très sollicité et vieillissant. Les livraisons des 68 NH90 « programmées »[126] devraient s'échelonner sur sept ans de 2011 à 2017 à raison de dix appareils par an. Mais les retards sur les livraisons du nouvel hélicoptère NH90 suscitent des inquiétudes en matière de disponibilité.

* L'EC725 Caracal est un hélicoptère de transport militaire fabriqué par Eurocopter. Cette version améliorée du Puma est conçue spécialement pour les missions de sauvetage et le

[126] Nous mettons ce terme entre guillemets dans la mesure où ce parc pourrait bien évoluer à la baisse. En effet, en 2012, seuls 64 exemplaires auraient effectivement fait l'objet d'une commande ferme (Bihan, 2012, p. 83).

transport de troupes. Il s'agit en outre du premier hélicoptère français équipé d'un système de blindage et d'autoprotection. 14 appareils de ce type sont répartis entre l'armée de l'air (six exemplaires) et l'armée de terre (huit exemplaires). La disponibilité moyenne actuelle de cet hélicoptère est légèrement au-dessus de 60 %. Malgré une légère baisse de disponibilité au 2ème semestre 2010, la couverture logistique de ce parc est jugée très bonne.

* En 2012, 36 hélicoptères Tigre équipaient les forces de l'armée de terre[127]. Sur le théâtre afghan, la priorité a été mise sur l'approvisionnement en pièces de rechange. De ce fait la disponibilité du Tigre y était qualifiée d'*« excellente »* (Carrez & Giscard d'Estaing, 2010, p. 58). En revanche, en métropole, la disponibilité de l'appareil dépassait à peine les 30 % en 2006 avec une tendance légèrement en hausse jusqu'en 2008. En 2010, la disponibilité était de 40 %, soit cinq points en dessous du seuil minimal critique de 45 % fixé par l'état-major de l'armée de terre (Bernard 2010, p.26). La tendance était plutôt à la baisse en 2011.

Pour expliquer cette faible disponibilité l'armée de terre avance plusieurs arguments :

D'abord le parc est réduit et très hétérogène. Les différentes versions de l'appareil complexifient le MCO.

Ensuite, les premières machines, livrées il y a à peine quelques années, subissent déjà une remise à niveau, ce qui affecte la disponibilité globale du parc. Ce chantier de remise à niveau a débuté fin 2010 et chaque engin concerné doit être immobilisé de huit à dix mois.

Enfin, il semblerait que ces tendances soient amplifiées par des difficultés de recrutement chez Eurocopter, des obsolescences de certaines pièces détachées concernant les moteurs des versions les plus anciennes de l'appareil et des problèmes de fiabilité sur les viseurs (SIMMAD 2011, p.63).

Enfin, ces difficultés liées aux relations avec l'industriel interviennent dans un contexte d'augmentation importante de l'activité (due notamment aux Opex) alors que la population de mécaniciens est jugée relativement restreinte dans les ateliers de maintenance.

[127] Pour rappel, 80 unités sont prévues au service actif (contre 120 unités au début du programme).

Conclusion de la section 1

Cet exercice a posé des bases factuelles sur l'état des principaux matériels en métropole depuis la fin des années 1990 jusqu'au début des années 2010.

D'abord l'examen des disponibilités au cas par cas montre bien une « crise de la disponibilité » pour la plupart des matériels, à la fin des années 1990 - début des années 2000. Cette crise est importante dans la mesure où elle a joué un rôle déclencheur dans la prise de conscience des enjeux liés à la gestion du MCO des matériels de défense.

Ensuite, l'analyse statistique globale nous permet de préciser que le taux de disponibilité est significativement différent selon les armées. Entre 1997 et 2012, la marine est l'arme la moins affectée avec la disponibilité moyenne la plus élevée sur la période (67 %). En revanche, son écart type est le plus élevé (7,6). L'aéronavale et l'armée de terre sont les armes dont les disponibilités moyennes sur la période sont les plus faibles (respectivement 57,8 % avec un écart type de 7 pour l'aéronavale et 59 % avec un écart type de 6,4 pour l'armée de terre. Enfin, l'armée de l'air enregistre une disponibilité moyenne de 64 %, soit moins que la marine mais avec un écart type près de deux fois inférieur (écart type de 4).

Les résultats statistiques tendent aussi à montrer que la disponibilité dépend plus du type de matériel que du type d'armée. Sur la période 1997-2012, les matériels ayant la disponibilité moyenne la plus faible sont les hélicoptères (disponibilité moyenne de 57 % avec un écart type 6,6) et ceux enregistrant la disponibilité moyenne la plus élevée sont les navires (disponibilité moyenne de 67 % avec un écart type de 7,6). Enfin, les avions (transport et chasse) enregistrent une disponibilité moyenne de 62 % avec un écart type de 4. Les blindés ont une disponibilité moyenne de 61 % sur la période mais un écart type relativement important (7,7).

Globalement, si la disponibilité de plusieurs matériels remonte progressivement dans la décennie 2000, la situation à la fin des années 2000 est fragile et assez hétérogène selon les matériels. Concernant les facteurs explicatifs l'âge joue un rôle important sur la disponibilité. Sur la période, la disponibilité évolue généralement à la baisse pour les matériels les plus anciens, *a fortiori* lorsqu'ils sont fortement sollicités (*e.g.* avions de combat « vieillissants », hélicoptères de l'armée de terre et de l'aéronavale, matériels terrestres très sollicités en opérations extérieures). Mais les données montrent également une disponibilité assez faible – ou du moins en dessous des objectifs affichés – pour certains matériels modernes. Ceci laisse

suggérer que l'âge et les sollicitations ne sont pas les seuls facteurs influençant la disponibilité et que les coûts jouent un rôle important.

Cette faiblesse relative de la disponibilité à la fin de la période est cohérente avec un certain nombre de rapports dénonçant une armée sur le « fil du rasoir »[128], c'est-à-dire tout juste en mesure de répondre aux exigences d'une situation « courante » entre les besoins nationaux immédiats (formation et défense intérieure) et ceux réclamés par les Opex qui consomment beaucoup de potentiel (notamment lorsque les événements font que les Opex s'enchaînent rapidement ou se superposent temporellement).

Si cet exercice est utile pour se faire une idée d'un domaine où les informations sont parfois rares, souvent longues à collecter et parfois contradictoires, il convient néanmoins d'en souligner quelques limites.

* Premièrement, le contexte dans lequel sont enregistrées les disponibilités a son importance. Les disponibilités présentées ci-avant sont enregistrées en métropole. Elle ne reflètent donc pas la disponibilité des matériels en Opex où les taux dépassent les 90 % (Dulait & Carrère 2009). Cependant, ces deux disponibilités sont très liées et un taux de disponibilité élevé en Opex génère une contrainte forte sur le système de soutien dans son ensemble. Les Opex génèrent des « tensions » sur la chaîne de MCO dans son ensemble, ce qui peut impacter la formation des armées et *in fine* les futures capacités d'intervention. La disponibilité en Opex va donc conditionner celle en métropole du fait de l'allocation privilégiée des crédits aux Opex, qui entraîne un rationnement des ressources en métropole. En métropole, cela va se traduire par des immobilisations de matériels liées aux reports de réparations ou de commandes de pièces détachées. Par effet de chaîne, cette situation peut avoir des répercussions sur l'entraînement des troupes et le potentiel opérationnel des armées.

Allant dans ce sens, nos résultats statistiques montrent une corrélation négative et significative (seuil de 1 % ; $R^2 = 0{,}59$) entre taux de disponibilité de l'ensemble des armées et crédits de surcoût en Opex – ici pris comme *proxy* de « l'intensité d'engagement » –. Sur l'ensemble des armées, pour la période 1998-2012, une augmentation de 1 % de l'effort d'engagement de la France en Opex est corrélée à une baisse de 0,15 point du taux de disponibilité en métropole.

[128] « *Le taux de disponibilité des matériels demeure inférieur dans certains cas aux exigences des contrats opérationnels* »(Cour des Comptes 2012, p.64).

Ces résultats statistiques ont des traductions concrètes sur le terrain. Dans l'armée de l'air par exemple, on a constaté que pour maintenir un taux de disponibilité opérationnelle de 95 % pour six Mirage 2000D en Afghanistan, celui de la base mère à Nancy chutait sous la barre des 45 % (Bombeau, 2008b, p. 52). Toujours dans l'armée de l'air, l'activité de l'opération Harmattan (Libye) a entraîné fin 2011 une forte baisse de la disponibilité en métropole. À terme, ces phénomènes entraînent des ralentissements dans la formation des pilotes et des pertes de compétences opérationnelles. Dans la chasse aérienne notamment, l'insuffisance d'activité due au manque de disponibilité, a pour conséquence « *un allongement de la phase de régénération des équipages (difficultés de formation pour les jeunes équipages en unité de combat et d'entretien de compétence pour les équipages expérimentés)* » (Grouard, 2012, p. 20). Des phénomènes similaires sont observés dans le transport aérien et dans l'aéronavale[129].

* Deuxièmement, prendre un taux moyen de disponibilité comme indicateur global de l'efficacité du MCO des matériels n'est pas toujours très pertinent. Si l'indicateur permet une première analyse statistique, il masque la complexité du soutien des matériels de défense. Il faut alors être très prudent lorsqu'on mesure un taux global de disponibilité sur des parcs hétérogènes dans la mesure où cela ne rend compte que très partiellement de l'aptitude des armées à remplir les contrats opérationnels.

D'abord, l'indicateur peut être ambigu et ne rendre que partiellement compte de l'aptitude d'un matériel à remplir les missions pour lesquelles il est conçu. Un matériel peut être techniquement disponible, mais pas toujours opérationnel, *i.e.* apte à remplir les missions pour lesquelles il a été conçu. Lors de l'opération Baliste au Liban en 2006, la frégate Jean-de-Vienne, jugée disponible techniquement, s'est néanmoins trouvée en difficulté du fait de l'indisponibilité de son système d'autodéfense (Lamour 2007, p.24).

Ensuite, pris dans sa globalité, ce chiffre n'est en aucun cas pondéré selon l'importance opérationnelle des différents types de matériels (qui peut elle-même varier selon les contextes).

[129] À titre d'exemple, à propos de l'activité des pilotes d'hélicoptères de l'aéronavale en 2012 : « *L'objectif d'activité des pilotes d'hélicoptère n'est pas non plus atteint à cause de la faible disponibilité technique des hélicoptères* » (Le Bris, 2012, p. 11). La Cour des comptes enregistre 287 heures de vols pour les pilotes de transport de l'armée de l'air pour un objectif de 400 heures pour la réalisation de 2010, sachant que les progrès enregistrés en 2011 sont demeurés faibles (Cour des Comptes 2012).

Enfin, faute de données accessibles, les disponibilités présentées dans cette section n'incorporent pas toujours les matériels les plus récents qui jouent un rôle majeur dans la production de défense (*e.g*. les hélicoptères NH90 ou encore les canons Caesar).

* Troisièmement, l'indicateur de disponibilité a une dimension « politique » qui fait que l'indicateur peut connaître des variations parfois très subjectives.

L'exemple des matériels navals est intéressant. Entre 2000 et 2010, dans la marine, la disponibilité était décidée par le commandant du navire et non par l'organisme en charge de la maintenance. Or un commandant peut notifier indisponible son navire afin d'obtenir rapidement la réparation d'un équipement, en particulier juste avant une période de permission où l'indisponibilité n'aura aucune conséquence pour lui.

La disponibilité est aussi un outil utilisé comme argument politique pour peser sur les budgets : il ne faut pas se montrer trop beau pour avoir des euros ! L'indicateur devient alors plus un moyen de manager la fonction de maintenance et de stimuler ses équipes plus qu'un outil de mesure fiable et reproductible.

Un nouvel indicateur de disponibilité a été mis en place depuis 2009 pour permettre de mieux rendre compte de l'aptitude des matériels des armées à remplir leurs missions. À l'approche de disponibilité technique s'est substitué un taux global de disponibilité technique opérationnelle (DTO) des matériels. L'indicateur est « *rénové dans la logique du fil directeur des contrats opérationnels. Il substitue à l'appréciation ancienne portée sur un parc, une mesure de la disponibilité rapportée aux besoins opérationnel et organique. Par ailleurs, les périmètres entre armées sont homogénéisés et la définition de la disponibilité, plus précise, limite les biais* » (PAP 2009, p.118). L'indicateur mesure le ratio entre le niveau du matériel effectivement disponible par rapport au besoin généré par les contrats opérationnels les plus dimensionnant et au besoin organique (PAP 2011). La DTO « *rend compte de la capacité d'une famille de matériels à assurer le contrat opérationnel et s'appuie sur leur valeur opérationnelle et sur la disponibilité technique* » (Fromion & Rouillard, 2013, p. 35).

D'un côté, il semble que la rénovation de l'indicateur fasse passer la notion d'activité des forces armées avant celle de disponibilité d'un matériel. Ceci est intéressant dans la mesure où un système disponible seul n'a pas forcément de sens car il s'intègre dans un système plus global. Il semble alors indispensable de concevoir un (des) indicateur(s) faisant le lien avec d'autres fonctions et surtout de réfléchir en termes de combinaison des matériels

les uns avec les autres[130]. Ceci suppose d'abord de hiérarchiser les disponibilités à atteindre pour les matériels en fonction de leur importance dans le système de défense et des missions à réaliser[131]. Mais d'un autre côté, ce nouvel indicateur pourrait s'avérer être davantage soumis à la subjectivité que l'ancien indicateur, ce qui est loin de constituer un progrès.

En conclusion, la disponibilité des matériels est une notion importante mais délicate, sur laquelle il ne semble y avoir actuellement aucun consensus, dans aucune des armées, ni à la DGA. La réflexion sur le sujet s'orienterait plutôt vers un système en trois niveaux permettant de définir la disponibilité d'un matériel. Ces trois niveaux seraient définis par la réponse aux trois questions suivantes : peut-on réaliser l'activité pour laquelle le matériel est conçu à la sortie de maintenance ? Peut-on le faire à un moment précis, en fonction des exigences opérationnelles ? Enfin, à quel coût se fait la réalisation de cette activité ?

Cette section a évoqué de nombreux facteurs susceptibles d'affecter la disponibilité des matériels. Parmi ceux-ci, l'évolution du coût du MCO sous contrainte budgétaire est un élément déterminant. L'étude du coût du MCO fait l'objet de la deuxième section de ce chapitre.

[130] Que penser en effet d'une disponibilité de 95 % pour des aéronefs embarqués lorsque le porte-aéronefs lui-même est en panne ?

[131] En effet la disponibilité du Rafale est sans doute plus importante que celle de matériels plus anciens, souvent obsolètes et donc moins performants.

Section 2 : Les facteurs d'évolution des coûts dans le Maintien en Condition Opérationnelle des matériels

Les travaux portant sur les coûts d'acquisition des matériels militaires font état de dérive des coûts de l'ordre de 5 à 7 % par an (*cf.* Martre (1982), Kirkpatrick (1995), Hébert (1995) ou Hartley et Sandler (2003)). En revanche la question des coûts de MCO a été beaucoup moins étudiée.

Une analyse plus précise du coût de MCO est importante dans la mesure où le coût hors-acquisition (dont la maintenance et les dépenses de fonctionnement sont les composantes majeures) peut représenter jusqu'à 70 % du coût total de possession[132] d'un matériel à la durée de vie longue (*e.g.* près de 40 ans pour un navire de guerre ou 35 ans pour un avion de combat).

Les tableaux suivants montrent les parts moyennes relatives entre « coût d'acquisition » et « coût d'utilisation » pour certains matériels de défense britanniques et américains. Ces exemples soulignent le potentiel d'économies réalisables sur la partie « hors acquisition » d'un matériel de défense.

Tableau 12 Coûts d'acquisition et coûts d'utilisation des matériels de défense au Royaume-Uni

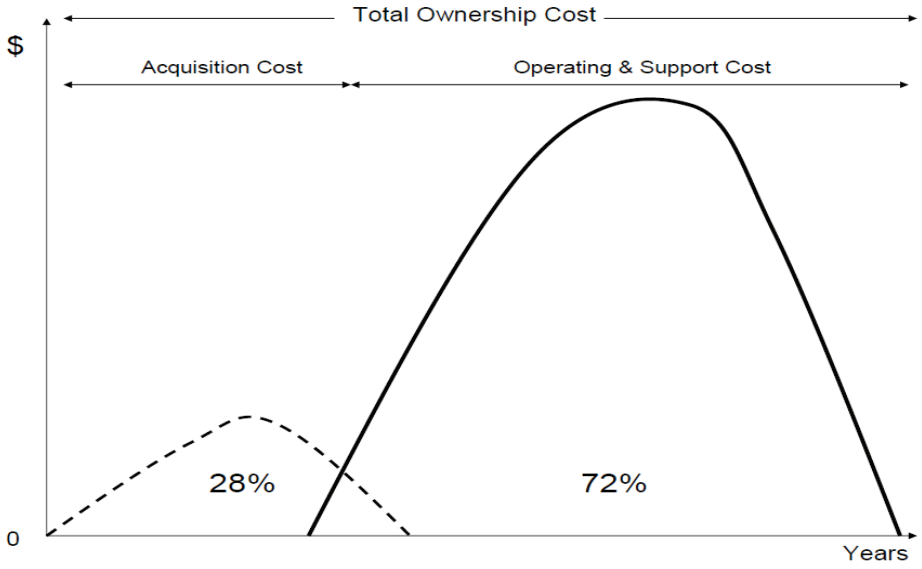
Types d'équipement	Coût d'Acquisition	Coût d'utilisation et de retrait
Navires de surface	40 %	60 %
Electronique Navale	40 %	60 %
Hélicoptères embarqués	20 %	80 %
Sous-Marins	30-40 %	60-70 %

Source : Ministry of Defence (2006, p.35) [133]

[132] Le Coût Global de Possession (CGP) incorpore le coût du soutien d'un système d'arme et ne se limite pas aux dépenses engagées pour acquérir le matériel considéré. Il comprend généralement : les coûts d'acquisition (liés aux programmes avec les coûts d'études de Recherche et Développement, d'investissements, d'installation, de mise en service, de pilotage du projet) et l'ensemble des coûts liés à l'exploitation du matériel (carburant, soutien, maintenance préventive et curative, soutien logistique, coûts de structure et autres coûts indirects).

[133] Les hypothèses retenues pour cette évaluation sont une durée de vie de 25 ans et incluent le coût des équipages.

Figure 55 Coûts d'acquisition et coûts d'utilisation des matériels de défense aux États-Unis



Source : GAO, 2003, p. 19

En France, selon la Direction Générale de l'Armement, les coûts de MCO se situent généralement entre 35 % et 50 % du coût global de possession des matériels (Cour des Comptes 2013, p.25). Pour les avions, ils peuvent représenter, jusqu'à deux tiers du coût global de possession.

Dans cette section, nous cherchons à répondre aux questions suivantes : Comment les coûts du MCO sont-ils actuellement mesurés ? Comment ces coûts ont-ils évolué sur la période qui nous intéresse (1990-2010 et plus) ? De quels principaux facteurs cette évolution dépend-t-elle ?

Concernant la mesure des coûts, on verra qu'elle ne se fait pas sans difficulté. En 2010, la part attribuable au MCO dans le budget de la défense en France (pensions exclues) était d'environ 10-15 %[134]. La même année les crédits d'EPM (Entretien Programmé des Matériels) représentaient près de 2,7 milliards d'euros, soit près de 14,1 % des dépenses d'équipements en Crédits de Paiement. Les tendances à l'horizon 2020 font état de crédits annuels d'EPM de l'ordre de trois milliards d'euros par an (soit près de 17 % des dépenses d'équipement et près de 10 % des dépenses totales du ministère) (Trucy et al., 2009, p. 42-43). En termes d'effectifs, en 2004, 13 % des effectifs du ministère de la défense étaient attribuables à la fonction MCO (Cour des Comptes 2004, p.13), un ratio qui descend à 10 % en 2008 (Pinaud *in* Kempf (2012, p.107–109)).

[134] Selon que l'on prend en compte la main d'œuvre ou seulement les crédits de maintenance, lesquels comptabilisent les marchés passés avec les entreprises effectuant le MCO et les marchés de pièces détachées.

Le coût du MCO a globalement évolué à la hausse sur la décennie 2000 (Cour des Comptes 2013). En 2010, la Cour des comptes estimait à nouveau le coût global du MCO en hausse avec une augmentation moyenne de 8,7 % sur la période 2010 et 2014 (Steuer, 2012c, p. 62). Cette hausse serait essentiellement due aux matériels de la marine et de l'armée de l'air, avec des augmentations respectives de 16 % et 10 % (Eckert & Launay 2012, p.41)[135].

L'évolution du coût du MCO est complexe et les facteurs l'influençant sont multiples. Si ces coûts sont variables selon les matériels considérés et selon les armées, certains invariants apparaissent. Ce sont ces invariants que nous mettons en évidence.

Le coût évolue d'abord en fonction du cycle de vie des plates-formes. Cette catégorie de facteurs est généralement liée à des impératifs techniques (*e.g* usure des matériels, vieillissement de certains parcs, sollicitation des matériels, parfois intensive lors d'opérations extérieures). Mais le coût du MCO évolue aussi en fonction de facteurs plus structurels, comme par exemple le passage d'une génération de matériels à une autre. Les facteurs liés au changement technologique rentrent généralement dans cette catégorie (*e.g* coût du MCO des matériels récents qui est plus élevé en raison d'une moindre connaissance des probabilités d'occurrence des pannes, de nouveaux matériaux, de nouvelles compétences pour l'entretien). Aux facteurs précédents, il faut en outre rajouter des facteurs organisationnels, parfois hétérogènes, mais qu'il ne faut pas négliger pour une analyse complète des coûts (*e.g.* réformes, reconfigurations productives qui entraînent des coûts de transition ou des sous-effectifs temporaires, règles de passation des marchés qui peuvent ralentir les délais et générer des coûts supplémentaires, héritages historiques et institutionnels favorisant parfois des situations de monopole).

Nous analysons les trois armées françaises : marine, armée de l'air et armée de terre. Nous présentons d'abord le problème de la mesure du coût du MCO. Ensuite, nous détaillons les principaux facteurs intervenant dans le cycle de vie des matériels et contribuant à l'augmentation des coûts du MCO. Puis, nous traitons les facteurs générationnels, souvent associés à un changement dans les technologies de défense utilisées. Enfin, nous abordons la question des facteurs institutionnels, plus difficiles à cerner, mais néanmoins importants car ils induisent des coûts de transition.

[135] Cette croissance des coûts, très largement supérieure à l'inflation – qui est de 1 % entre 2012 et 2013 selon l'Insee – confirme l'existence d'une inflation spécifique pour les productions à caractère militaire.

2.1 La difficile estimation des ressources allouées au MCO

a) L'existant

Au niveau agrégé, pour évaluer le coût du MCO il n'existe actuellement pas d'indicateur dont la définition serait stabilisée. Le « coût du MCO », tel qu'il est présenté dans la plupart des rapports publics correspond très souvent à une agrégation des crédits d'EPM (Entretien Programmé des Matériels). Les difficultés pour obtenir un indicateur synthétique résident principalement dans la transversalité budgétaire du MCO.

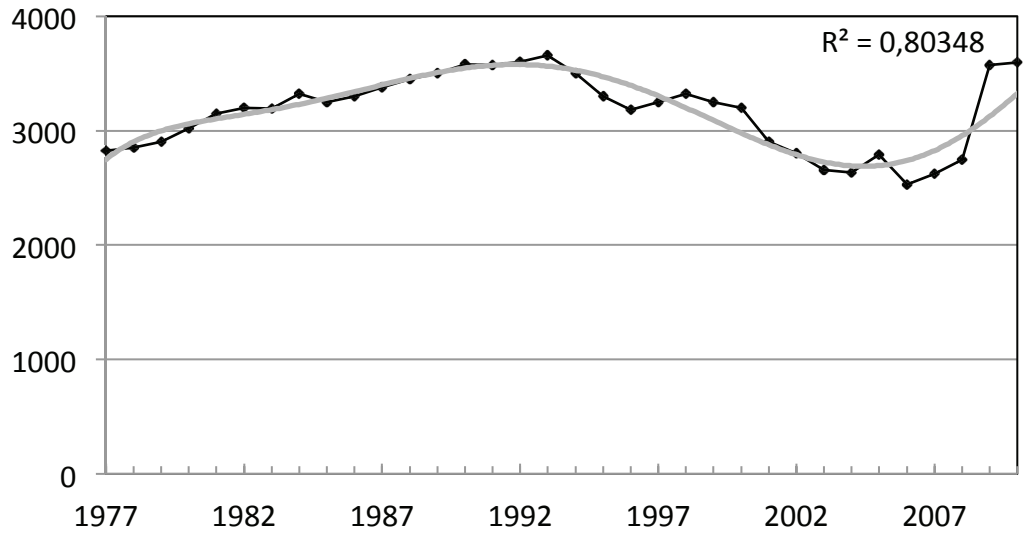
L'évaluation du MCO nécessite en effet la prise en compte d'éléments comme le coût des pièces de rechange, les contrats de maintenance avec des prestataires extérieurs, la main d'œuvre publique (militaire et civile), les infrastructures. Ces différentes composantes « émargent » sur des budgets différents, ce qui rend difficile l'estimation du coût global du MCO. Un rapport du Sénat de 2008 présente d'ailleurs les entités intervenant uniquement dans le MCO des équipements de l'aéronautique (Fréville 2008). Il montre la pluralité d'acteurs engagés et laisse clairement entrevoir la complexité sous-jacente à la construction d'indicateurs statistiques agrégés pour en suivre le coût.

Compte tenu du caractère interarmées du MCO, de sa transversalité budgétaire et de l'absence de comptabilité analytique performante, il est alors très difficile d'en estimer le coût au niveau agrégé.

Dans un premier temps, il est possible d'étudier l'évolution des crédits d'Entretien Programmé des Matériels (EPM) – selon l'appellation usuelle retenue dans la nomenclature budgétaire au sein du programme 178 –. Ces crédits constituent en quelque sorte le « socle » du coût du MCO. Ils ont trois composantes : « dépenses en contrats avec les industriels » (1) (souvent pièces et main d'œuvre), « pièces de rechange » (2) et « documentation et références » (3).

Le graphique ci-dessous montre la variation des crédits d'EPM en AE (autorisation d'engagement) et LFI (Loi de Finances Initiale) en millions d'euros courants entre 1977 et 2010 en France, pour tous les matériels, dans les trois armées.

Figure 56 Evolution des crédits d'EPM AE-LFI, en millions d'euros courants (1977-2010)



Source : Dulait et Carrère (2008), p.42 et OED

Le graphique montre une augmentation des crédits EPM sur la période 1977-1993. La hausse des crédits a été enregistrée à 2 % en moyenne par an entre 1977 et 1993 contre une baisse de plus de 20 % sur la période 1993-2002 ((Dulait & Carrère 2009, p.42). Cette baisse illustre « l'encoche budgétaire »[136]. Suite à cette baisse, les crédit d'EPM réamorcent leur progression au cours de la LPM 2003-2008 (avec toutefois un réel démarrage en 2005-2006). Les crédits évoluent à la hausse sur la seconde moitié de la décennie et atteignent un niveau inégalé à la fin des années 2000. Ce n'est qu'en 2009 que l'on retrouve le niveau de ressources de 1993.

Cette tendance haussière s'est poursuivie et la dotation pour 2011 enregistrait une hausse de + 6,8 % par rapport à 2010. Après une augmentation de 7 % entre 2011 et 2012, les crédits EPM progressent de 8 % entre 2012 et 2013 (PAP 2013, p.90). Pour 2013, ce sont 3,85 milliards d'euros en autorisations d'engagement et près de 3,31 milliards d'euros en crédits de paiement (dissuasion comprise) qui sont inscrits en crédits EPM pour les trois armées (Eckert & Launay 2012, p.41). Nous pouvons donc conclure que le coût du MCO – mesuré par les crédits d'EPM – évolue à la hausse sur la décennie 2000. Le futur projet de Loi de Programmation Militaire (LPM 2014-2019) anticipe de nouvelles hausses de crédits

[136] Le propos est ici focalisé sur les indicateurs permettant de mesurer les coûts du MCO. « L'encoche budgétaire » a eu des conséquences importantes sur la disponibilité des matériels et constitue à ce titre un facteur explicatif essentiel de la « crise de disponibilité » mise en avant dans la première section de ce chapitre. Nous détaillons ce point et procédons à une analyse plus approfondie de l'évolution des crédits EPM sur la décennie 2000 – période pour laquelle des données plus précises sont disponibles – dans la section 3 de ce chapitre.

d'EPM. Ainsi, sur la période 2014-2019, les crédits d'EPM devraient croître en moyenne de 4,3 % par an en valeur (Projet de Loi de Programmation Militaire 2014-2019, dossier thématique, Ministère de la défense (2013, p.55)).

b) L'indicateur tel qu'il pourrait être…

Si les EPM constituent en quelque sorte le « socle » du coût du MCO, il faut bien avoir à l'esprit qu'une évaluation complète du coût du MCO est distincte des EPM. En effet, pour procéder à une telle évaluation, il faudrait y ajouter d'autres charges comme les rémunérations et charges sociales (RCS) des personnels de maintenance, des charges de fonctionnement et la prise en compte de l'acquisition et de l'amortissement des infrastructures de MCO (Dulait & Carrère 2009, p.37). Aussi, une estimation complète des moyens financiers alloués à la fonction MCO, pourrait, pour un matériel donné, adopter la forme suivante :

$$C_i = EPM_i + A_i + S_i + G_i + \theta I_i \qquad (3.2)$$

Avec, pour un matériel i, C_i le coût total du MCO ; EPM_i les crédits d'entretien annuel programmés (incluent les rechanges et les prestations achetées à l'extérieur) ; A_i, le coût des opérations d'armement (interventions légères consistant à armer le matériel) ; S_i, le coût de la main d'œuvre ; G_i, les divers frais de fonctionnement nécessaires au soutien d'un matériel (hors rechanges et prestations à l'extérieur qui sont incorporées dans EPM_i) et θI_i, une estimation du coût des infrastructures « consommées » par le matériel ($0 < \theta < 1$ étant un paramètre exprimant la part dans le coût de l'infrastructure attribuable au matériel considéré).

Les infrastructures associées aux nouveaux matériels engendrent fréquemment des dépenses supplémentaires qui devraient être incorporées dans une estimation du coût du MCO[137]. Auparavant considéré comme négligeable, ce paramètre θ est devenu très important pour les matériels militaires les plus modernes comme le char Leclerc ou l'hélicoptère Tigre qui nécessitent pour leur entretien et stockage des infrastructures spécifiques et coûteuses (*e.g.* hangars à hygrométrie contrôlée). Il a d'ailleurs été récemment suggéré au service des infrastructures de défense (SID) de mettre en œuvre de nouvelles solutions pour atteindre cet objectif « d'imputation » (CPRFA, 2008a, p. 4).

[137] Ces dépenses sont actuellement comptabilisées comme des dépenses d'investissement de défense. Or, une part devrait être attribuée au MCO ainsi que les dépenses de maintenance des infrastructures d'accueil.

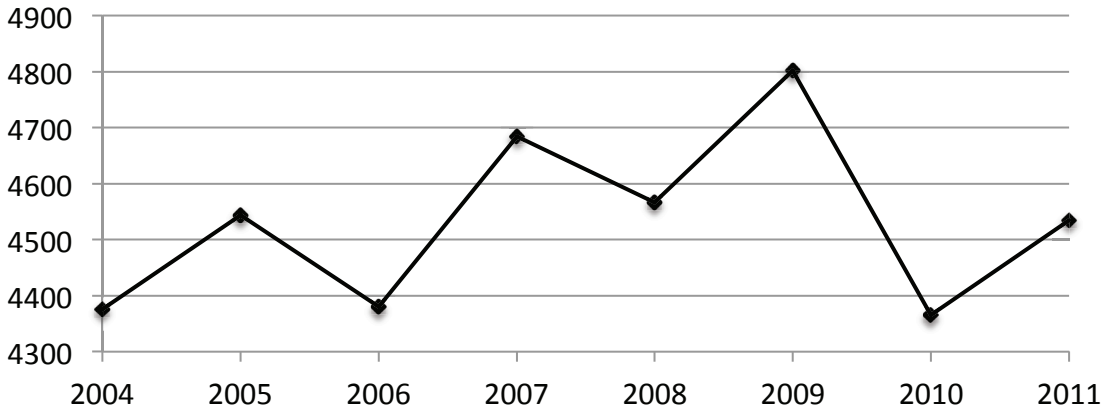
c) Des pistes dans l'estimation du coût du MCO ?

i) Les indicateurs des Projets Annuels de Performance (PAP)

Un indicateur plus complet permettant de retracer les montants alloués à la « fonction MCO » est présenté dans les Projets Annuels de Performances (PAP) (*cf.* PAP (2006) et suivants). Ces projets ont été mis en place par la LOLF (Loi organique relative aux Lois de Finances du premier août 2001)[138].

D'un côté, l'indicateur des PAP se rapproche de l'indicateur « idéal » présenté ci-dessus. Il correspond à la somme des dépenses de RCS, de fonctionnement, d'investissement et aux achats de prestations extérieures pour le MCO. D'un autre côté, il ne prend pas en compte le MCO initial intégré dans les programmes d'armement, ni le MCO des systèmes d'information et de communication interarmées.

Figure 57 Coût de la « fonction MCO » pour la Nation, en millions d'euros courant



Source : Projets Annuels de Performance (PAP) de 2006 à 2013

Il est assez difficile de tirer des conclusions de l'évolution pour le moins « irrégulière » de cet indicateur de « coût de la fonction MCO » (au sens des PAP). Néanmoins, une lecture prudente suggère que ce coût est plutôt en hausse entre 2004 et 2009, il baisse entre 2009 et 2010, puis repart à la hausse. Cette observation est relativement en accord avec les rapports de différentes institutions qui s'accordent sur le fait d'une croissance du coût de la fonction MCO sur la décennie 2000.

Au final, si la construction de l'indicateur des PAP représente un réel progrès pour suivre l'évolution des ressources allouées au MCO à l'échelle macroéconomique, son

[138] La LOLF est une réforme en profondeur de la gestion de l'État. Elle est entrée en vigueur par étapes et s'applique à toute l'administration depuis le premier janvier 2006.

caractère récent et l'instabilité actuelle de son périmètre[139] rendent tout de même assez hasardeuses les quelques conclusions que l'on pourrait en tirer. Aussi, il convient de prendre les conclusions ci-dessus avec un certain recul et le suivi dans le temps de cet indicateur totalement nouveau permettra certainement de les conforter ou non.

ii) L'expérimentation de la Mission pour la Modernisation Aéronautique (MMAé)

Les différentes entités en charge de l'optimisation du MCO s'intéressent depuis quelques années à l'élaboration d'indicateurs synthétiques. Par exemple, la Mission pour la modernisation du MCO aéronautique (MMAé) est spécialement chargée d'évaluer le coût du MCO aéronautique. Elle collecte les données d'entretien programmé des matériels (EPM) pour les agréger avec celles des ressources humaines afin d'établir un coût avec RCS (Rémunérations et Charges Sociales) directes, indirectes et les pensions (invalidité et retraite). Elle tient aussi compte des frais de fonctionnement et des opérations d'armement. La MMAé établit un coût par parc (*e.g.* parcs de Mirage 2000, parcs de Rafale). *In fine*, ce « coût construit » est celui qui prend en compte le plus de variables. Malheureusement, il n'existe que pour les matériels aéronautiques et n'est pas accessible publiquement.

En conclusion, la mesure des ressources allouées au MCO est en soi un problème de comptabilité publique. Un certain nombre d'indicateurs plus ou moins stabilisés ou expérimentaux ont été développés ces dernières années.

Les crédits EPM sont une évaluation restreinte – mais stabilisée du point de vue du périmètre de calcul – des ressources engagées dans le MCO. Après une baisse dans les années 1990, ils montrent une évolution à la hausse dans la décennie 2000, en particulier dans la seconde moitié de la décennie. Leur évolution est également à la hausse sur la décennie 2010.

D'autres indicateurs de coûts synthétiques ont été mis en place. Ils ont pour principal intérêt d'incorporer plus de variables dans la construction des coûts du MCO. Néanmoins, ils demeurent aujourd'hui encore relativement expérimentaux et leur caractère récent incite à les examiner avec prudence. Parmi ces « nouveaux indicateurs » agrégés, les PAP retracent l'évolution du « coût de la fonction MCO ». L'indicateur des PAP montre plutôt une évolution à la hausse des montants globaux alloués au MCO des matériels de défense.

[139] À ce stade de sa construction, il convient en effet d'avoir à l'esprit que cet indicateur du « coût de la fonction MCO » n'est pas présenté comme totalement fiable (PAP 2012, p.141). Ceci renforce le fait qu'il faille prendre avec prudence les conclusions que l'on pourrait tirer de son évolution.

L'indicateur de la MMAé est également intéressant dans sa construction, mais il n'existe que dans le domaine aéronautique et demeure d'accès restreint[140].

Si dans les années à venir ces indicateurs devraient permettre une étude statistique plus approfondie des crédits alloués au MCO, à notre connaissance, à ce jour, il n'existe toujours pas de poste budgétaire unique retraçant l'ensemble des dépenses de MCO. La création d'un tel poste faciliterait l'analyse économique du MCO. Mais pourquoi les coûts ont-ils augmenté ? La section suivante s'intéresse alors aux différents facteurs influençant l'évolution des coûts du MCO.

2.2 L'évolution du coût du MCO : les facteurs qui dépendent du cycle de vie des matériels

Les facteurs dépendants du cycle de vie sont généralement liés à l'usage des matériels, lequel entraîne des impératifs techniques comme par exemple l'usure ou les obsolescences qu'il faut gérer. Nous analysons ici les effets sur les coûts du vieillissement des matériels et des sollicitations liées à l'usage des matériels.

a) Le vieillissement

Le vieillissement des matériels influence fortement le coût du MCO. Aujourd'hui, les matériels ont une durée de vie très longue en particulier pour les vecteurs des systèmes de défense (*e.g.* cellule d'un avion). L'allongement de la durée de vie accroît le poids du coût du MCO dans les coûts totaux sur le cycle de vie d'un matériel.

Dans les armées françaises, beaucoup de matériels ont largement dépassé la moitié de leur vie opérationnelle. Ainsi, beaucoup d'aéronefs dépassent aujourd'hui les 30 ans. Dans l'armée de terre, la conception de certains blindés remonte aux années 1970 (*e.g.* AMX-10, ERC-90). Dans la marine, la moyenne d'âge des aéronefs de l'aéronavale atteint vingt-quatre ans (Hemmer, 2010) et la durée de vie de certains navires peut atteindre 40 ans.

[140] Le fait que l'indicateur d'estimation de coût du MCO aéronautique soit le plus abouti est en soit une information. Il témoigne en effet d'un réel besoin de mesure des coûts dans un domaine où la maintenance est de plus en plus coûteuse. Sa mise en place à partir de la seconde moitié des années 2000 correspond à ce que l'on peut grossièrement qualifier de « prise de conscience » avec l'entrée en service du Rafale en 2003, puis d'une « confortation » avec l'entrée en service du Tigre en 2007. L'entrée progressive en service de matériels coûteux comme le NH90 ou le futur A400 M va également dans ce sens en renforçant le besoin de cet indicateur.

Pour illustrer la diversité des matériels des armées en termes d'âge, nous présentons une « photographie » de l'âge des flottes (ou parc) des principaux matériels en service dans les armées.

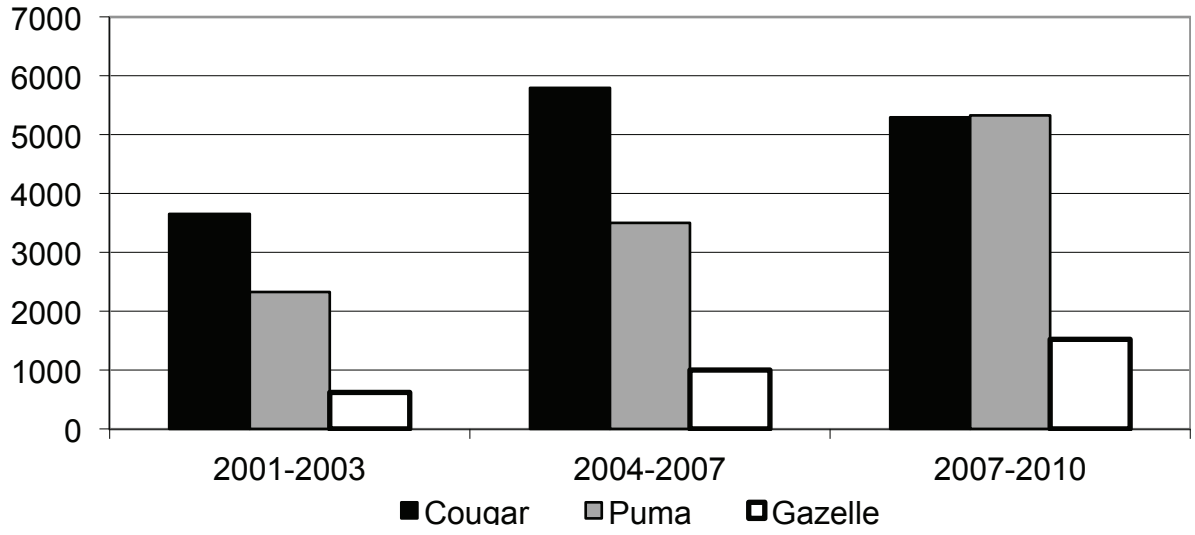
Tableau 13 Âge moyen des principaux matériels en 2012

Matériels	Age Moyen en 2012
Avions	
Chasseurs (hors Rafale)	20-25 ans
dont	
Mirage F1	32 ans
Mirage 2000	19 ans
Rafale	5 ans
Avions de transport tactique C130	25 ans
Avions de transport tactique C160	35 ans
Avions de transport tactique Casa	12 ans
Avions ravitailleurs	49 ans
ATL2 (Aéronavale)	19 ans
AWACS E3F	21 ans
Hélicoptères	
Gazelle	35 ans
Tigre	5 ans
hélicoptères de Manœuvre (Puma, Cougar, Lynx,NH90..)	25-35 ans
EC725 (Caracal)	6 ans
Navires	
Porte-Avion Charles-de-Gaulle	11 ans
SNA Rubis	24 ans
Moyenne Frégates de Combat	21 ans
dont	
Frégates anti-sous-marines F67	37 ans
Frégates anti-sous-marines F70	28 ans
Frégates lance-missile	35 ans
Horizon	2-3 ans
Bâtiment de soutien logistique	46 ans
Pétrolier Ravitailleur	28 ans
Blindés	
AMX 10-RC	28 ans
AMX10-P	30 ans
Leclerc	15 ans
VAB	32 ans
VBCI	6 ans
VBL	8-10 ans
Véhicules Tactiques (Peugeot P4)	25 ans
Poids Lourds (TRM 10000, VTL)	24 ans
Artillerie	22 ans

Source : Cour des Comptes (2004, p.15), Livre blanc (2008, p.210), Grouard (2012, p. 26)

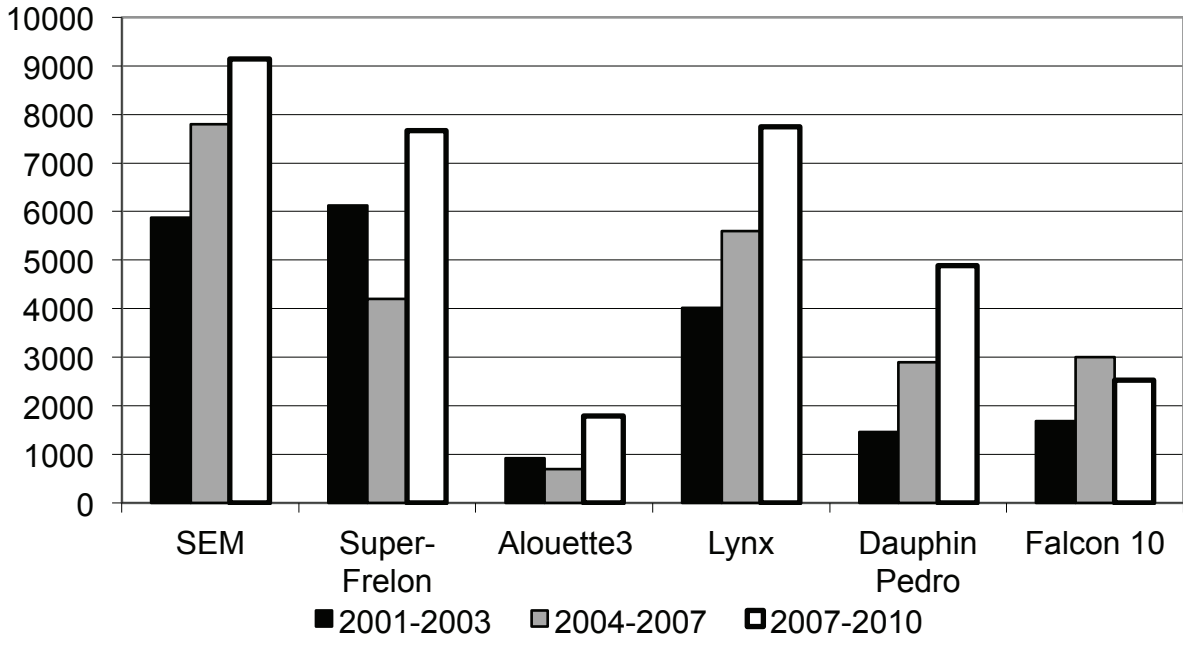
Le vieillissement des matériels entraîne une augmentation du coût du MCO. Nous pouvons illustrer ce phénomène à partir de données portant sur plusieurs aéronefs. Les données que nous avons pu collecter – sur requête spéciale auprès des instances spécialisées dans la maintenance aéronautique – permettent de présenter les évolutions de coût sur la décennie 2000 pour quelques-uns des principaux matériels aéronautiques « vieillissants » dans l'ALAT, l'aéronavale et l'armée de l'air :

Figure 58 Coût à l'heure de vol des hélicoptères « vieillissants » de l'ALAT (en euros)



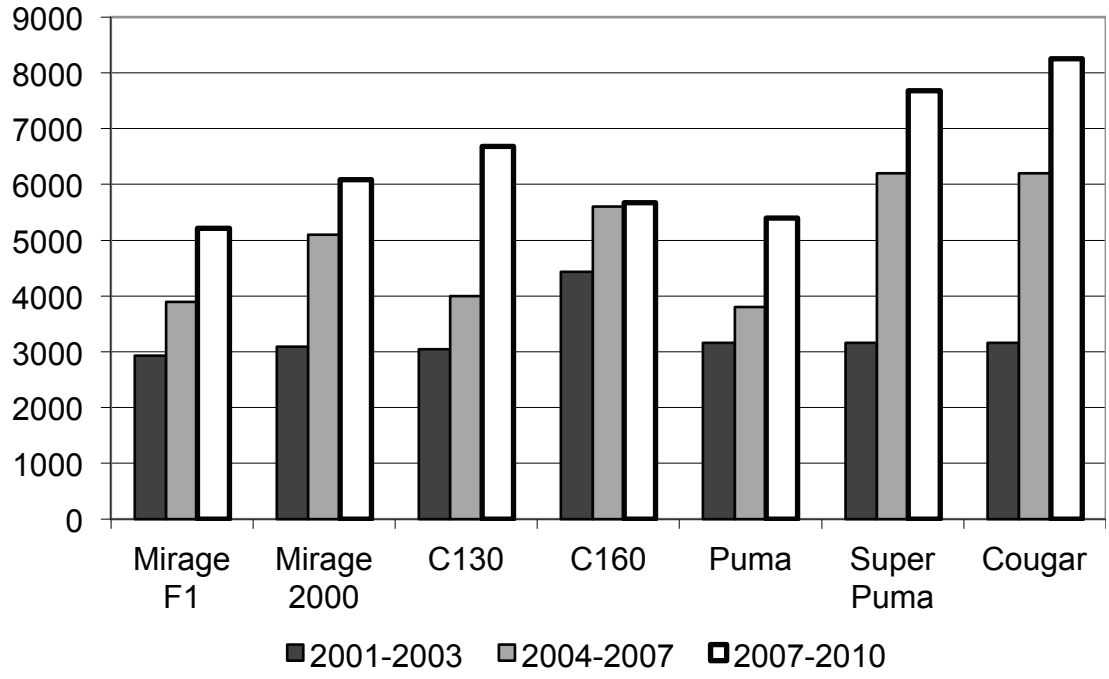
Source : Conception de l'auteur d'après données SIMMAD sur requête spéciale (2011)

Figure 59 Coût à l'heure de vol des aéronefs « vieillissants » de l'aéronavale (en euros)



Source : Conception de l'auteur d'après données SIMMAD sur requête spéciale (2011)

Figure 60 Coût à l'heure de vol des aéronefs « vieillissants » de l'armée de l'air (en euros)



Source : Conception de l'auteur d'après données SIMMAD sur requête spéciale (2011)

Pour ces appareils « vieillissants », les tendances en termes de coûts à l'heure de vol sont à la hausse. Globalement, le mécanisme à l'œuvre est le suivant : le vieillissement des matériels entraîne un accroissement de la consommation de rechanges et des réparations plus lourdes, qui nécessitent plus de temps de travail, ce qui *in fine* réclame davantage de crédits. Les carences en crédits de maintenance peuvent aussi se combiner au vieillissement et en aggraver les effets. La réduction des crédits a fréquemment obligé les armées à reporter certaines acquisitions et certains matériels en service ont parfois dû être prolongés bien au-delà de leur durée de vie opérationnelle, avec parfois des surcoûts d'entretien excessifs.

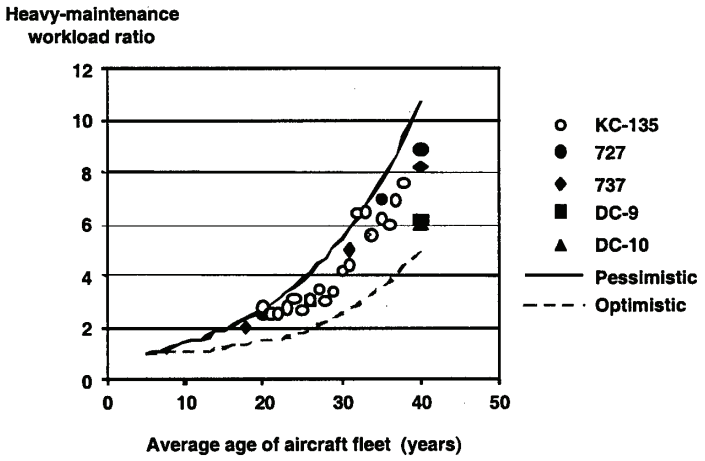
Cette situation s'illustre avec le cas des C-160 de l'armée de l'air. Pour ces appareils anciens, les données consultées font état d'une dégradation régulière de leur disponibilité[141] et d'une augmentation régulière de leur coût de MCO. Alors qu'en 1997, leur taux de disponibilité s'élevait à plus de 69 %, il plafonne à 55 % dans la première moitié de la décennie 2000, et ce en dépit d'une augmentation de plus de 50 % des crédits d'entretien (Meyer 2003). Pour ces avions, entrés en service entre 1967 et 1973, le prolongement de la durée de vie a été décidé pour faire face au retard de l'A400M. Le prolongement de la durée de vie des appareils a entraîné la planification de grandes visites d'entretien et une

[141] *cf.* section 1 de ce chapitre, en particulier l'analyse de la disponibilité des matériels de l'armée de l'air.

augmentation du coût des marchés d'entretien[142] (dix grandes visites supplémentaires sont prévues entre 2011 et 2013 pour les seuls C-160 (Grouard, 2012, p. 24)). Le besoin en MCO de cette flotte a donc augmenté au cours des dernières années.

Les enseignements des travaux empiriques américains dans l'aéronautique permettent d'illustrer ces phénomènes. Le vieillissement accroît le risque de panne et la durée de vie très longue a des conséquences sur la disponibilité (Edward G Keating & Dixon, 2003, p. 39). De plus, le vieillissement des matériels accroît les coûts de maintenance. Dans son étude des avions de transport de l'armée de l'air américaine, Pyles (1999) montre une corrélation positive entre la charge de travail de maintenance et l'âge moyen des appareils.

Figure 61 Âge des appareils et charge de travail (maintenance lourde)



Source : Pyles, 1999, p. 4

À partir d'un panel assez large d'appareils de l'armée de l'air américaine Keating et Camm (2002) montrent que la charge financière de la maintenance augmente en fonction du nombre d'heures de vol des appareils. Cette observation est confirmée par les travaux empiriques plus ciblés de Keating et Dixon (2003) portant sur les KC-135[143].

[142] Cette dernière information sur l'augmentation du coût des marchés passés par les services administratifs de MCO pour cette catégorie d'appareils peut laisser supposer deux explications : une augmentation du coût des interventions pour des **raisons « physiques »** (par exemple davantage de main d'œuvre et de pièces nécessaires pour l'entretien de ces appareils d'envergure importante) ou une **dérive des coûts** des interventions liées à d'autres facteurs (par exemple l'existence d'un monopole sur ce créneau de maintenance). La structure de marché pour ce type d'appareils étant plutôt concurrentielle, nous penchons plutôt pour la première catégorie d'explication.

[143] Le Boeing C-135 Stratotanker, fabriqué par Boeing, est une version de l'avion Boeing C-135 Stratolifter qui est dédiée au ravitaillement en vol. La France a acheté 12 KC-135F (F pour France) lors de la création de la composante de sa force aérienne stratégique (FAS), voulue par le général De Gaulle. En 1986, une partie des KC-135 furent remotorisés avec des moteurs franco-américains.

La France possède 14 avions ravitailleurs similaires à ceux étudiés par Keating & Dixon (2003)[144]. Leur moyenne d'âge est de plus de 47 ans et ces appareils souffrent de difficultés liées au vieillissement (*e.g.* usure de la cellule, fuites en nombre croissant), qui entraînent des taux de disponibilité faibles. L'âge avancé a des conséquences sur les coûts de maintenance de ces appareils. La croissance du coût d'entretien de ces appareils ravitailleurs est de 4 à 5 % par an pour un coût annuel moyen de 54 millions d'euros en 2011 (Grouard, 2012, p. 24). Leur coût par heure de vol estimé à 19 640 euros en 2010 (Viollet, 2011, p. 47). Il coût passe à 23 000 euros en 2011 (Cornut-Gentille, 2011, p. 135). Un programme de rénovation est en cours afin de prolonger leur service opérationnel jusqu'en 2024.

L'augmentation de l'âge des matériels est susceptible d'accroître le coût total à l'heure de vol. Mais il ressort des travaux empiriques que les coûts des différents éléments associés à un matériel varient aussi dans le temps en fonction de la nature même des matériels. Toujours sur des flottes d'appareils américains, Dixon (2006) montre qu'une augmentation de l'âge entraîne une augmentation du coût par heure de vol[145]. Selon l'auteur la progression du coût n'est pas la même selon que l'on considère les cellules (*airframe*) ou les moteurs (*engine*). Il montre alors une progression du coût différenciée selon les parties de l'appareil. Pour les parties moteur, le coût de maintenance croît fortement durant les premières périodes et devient ensuite constant avec un coût marginal nul pour les périodes suivantes (au-delà de 6 ans dans son échantillon). Ceci est cohérent avec les résultat de Pyles (1999, p.6) qui estime que le coût marginal de maintenance des moteurs d'avions militaires est plutôt croissant.

Pyles (2003) montre que la nature des appareils influence l'évolution des coûts de maintenance dans le temps. Il calcule la différence d'évolution entre les coûts de main d'œuvre sur des avions de transport/logistique (des C-130) et des avions de combat en fonction de leur âge respectif. Pour les avions de transport, un « effet taille » apparaît sur le coût et accroît la charge de main d'œuvre. Les coûts des avions de transport en main d'œuvre sont non seulement plus élevés, mais augmentent plus vite. En revanche, les deux catégories d'avions ne requièrent pas les mêmes types d'équipements et de pièces de rechange. Les charges d'ateliers sont particulièrement très élevées pour les avions de combat.

[144] Les onze C-135 ont été acquis neufs en 1964 et les trois K/C-135R d'occasion en 1997-1998.

[145]Le travail de cet auteur porte sur des flottes aériennes civiles dans une perspective d'application à la maintenance de la flotte de l'USAF (*Benchmarking* pour des aéronefs militaires similaires aux appareils civils comme par exemple les avions de transports).

L'âge est aussi un facteur d'accroissement des risques d'obsolescences industrielles, lesquelles sont susceptibles de renchérir les coûts du MCO. Certaines pièces de rechange deviennent rares. Pour les matériels anciens, les pièces ne sont généralement plus fabriquées par le constructeur et, compte tenu des coûts considérables qu'entraînent l'entretien et la conservation d'un stock semi-dormant, l'industriel n'est prêt à remplir cette fonction qu'à des tarifs très élevés. Ce phénomène peut avoir deux conséquences majeures :

- Un accroissement de l'emploi des appareils les plus anciens comme réserve de pièces de rechange qui ne sont plus produites (phénomène de « cannibalisation »). Ceci a des conséquences sur la disponibilité globale d'un parc.

- L'internalisation des stocks de pièces dans les armées, ce qui implique des coûts de structure complémentaires (Cour des Comptes 2004, p.17).

D'ailleurs, les stocks peuvent être considérables. Dans le cas du MCO aéronautique, les stocks de pièces de rechange étaient pour l'année 2006 de l'ordre de 16 milliards d'euros (dont 80 % attribuables à l'armée de l'air), soit l'équivalent de dix années de fonctionnement de la SIMMAD[146]. Le cas de la marine nationale avec ses milliers de références de pièces stockées en magasin est également illustrateur de l'importance que peuvent prendre les stocks visant à limiter les risques d'obsolescence. À Toulon, en 2005 la marine gérait un stock de 190 000 références (dix millions d'objets), d'une valeur de 817 millions d'euros (Fréville 2005, p.33). Rien que sur une frégate comme le Georges Leygues, le stock à bord compte quelques 38 000 pièces qui valent de quelques centimes à 70 000 euros l'unité[147]. Un SNLE nécessite près de 40 000 références de rechanges gérées à terre et 10 000 embarquées (Roturbin & Chol, 2001). Le coût de ces pièces varie également de quelques centimes à plusieurs milliers d'euros.

Enfin, le vieillissement peut aussi se combiner avec des retards de livraison sur les programmes des générations suivantes (*e.g.* Tigre, Rafale, NH90, A400M). Un tel phénomène génère alors de nouveaux coûts de mise à niveau des matériels dont la durée de vie est prolongée pour combler un éventuel *gap* capacitaire. Le cas du Rafale appuie cette idée. Les retards dans le programme ont engendré des remises à niveau sur les parcs existants pour maintenir les capacités opérationnelles (CPRFA 2004, p.7). Ce surcoût global sur le MCO et

[146] Ce montant est toutefois une valeur comptable brute ; la réelle valeur économique de ces stocks, pour partie très anciens, est bien inférieure.

[147] Source : *Cols Bleus*, N°2995, 23 juin 2012, p. 22

sur les mesures d'amélioration des appareils en service (Mirage F1 et Mirage 2 000) a été estimé à 275 millions d'euros[148]. De son côté, la marine a dû adapter la gestion de ses flottes embarquées de Super-Etendard et d'hélicoptères. Le coût de l'ensemble de ces opérations serait de 114,17 millions d'euros. Un tel phénomène est observé avec certains navires de combat comme les frégates F67 dont la durée de service a dû être prolongée pour faire face aux décalages de livraison des nouvelles frégates multimissions (FREMM) (Cour des Comptes 2012, p.63). De même, dans l'armée de terre, la rénovation des Puma et des Cougar MK1 dans l'attente du NH-90 peut être chiffrée à 230 millions d'euros (CPRFA 2004, p.7).

b) Utilisation et sur-utilisation : la contrainte des Opex

Si le vieillissement influence le coût du MCO, la prise en compte du « facteur temps » sur le coût de MCO d'un matériel est indissociable de l'usage qui est fait de ce matériel. Une utilisation intensive des matériels entraîne une augmentation de leur vitesse de dégradation. Le seuil de défaillance d'un matériel est alors atteint avant la visite programmée (Bufferne, 2007, p. 40). Pour éviter cela, il est possible de programmer plus tôt une visite prévue, mais une telle décision occasionnera des contrôles plus fréquents et donc une maintenance plus onéreuse. Le non-respect des conditions de base ou les dégradations forcées ont donc généralement pour conséquence une maintenance préventive coûteuse (visites précoces ou trop rapprochées) ou inefficace (pannes avant le contrôle ou entre deux inspections).

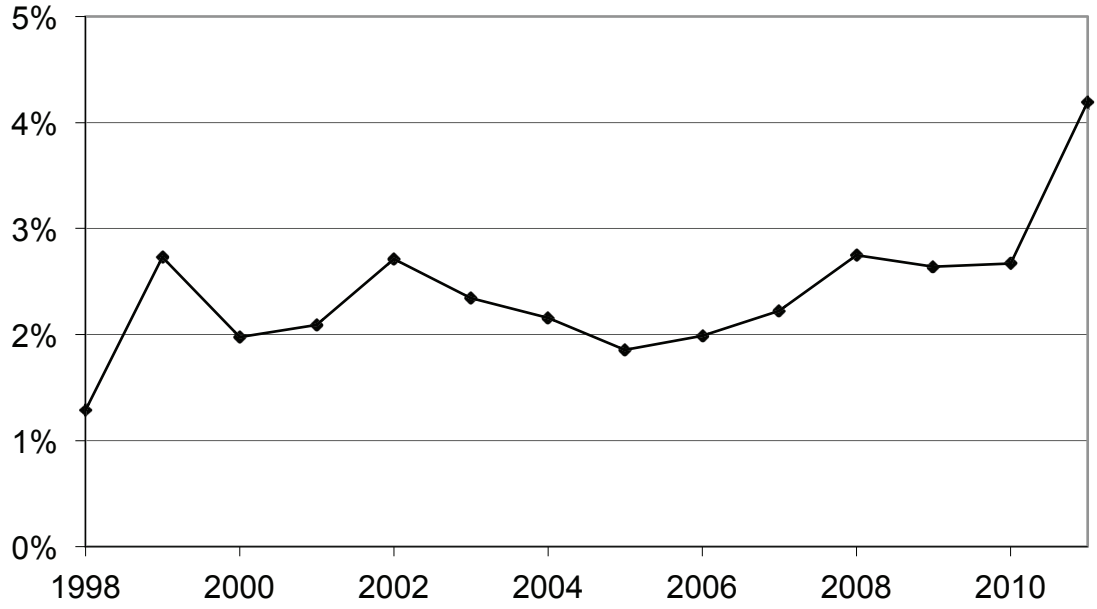
Les opérations extérieures (Opex) font partie des utilisations des matériels de défense. L'engagement opérationnel des matériels se traduit par une consommation élevée de potentiel (*e.g.* kilomètres, heures de vol, nombre de tirs) pour remplir les missions. La sollicitation induit une hausse significative des interventions techniques correctives sur des parcs soumis à des conditions d'emploi difficiles comme le climat, le relief ou des événements d'ordre tactique. Elle entraîne une usure des matériels quatre fois plus élevée qu'en métropole.

Depuis la fin des années 1990, la sollicitation des matériels de l'armée française s'est intensifiée en Opex (Kosovo, Côte-d'Ivoire, Liban, Afghanistan, Libye, Mali). En février 2013, la France comptait 10 025 militaires déployés en Opex, en excluant les forces de gendarmerie (plus de 11 000 en les incluant) (source : Ministère de la défense). Le conflit en

[148] Ces montants (ainsi que ceux des deux paragraphes suivants) sont indicatifs et ne tiennent pas compte des coûts additionnels de MCO, qui tendent à augmenter puisque, même rénovés et mis à jour sur les plans opérationnels, les matériels restent structurellement « vieillissants ».

Afghanistan représentait environ la moitié de ce total. Le graphique ci-dessous présente l'évolution des ressources consacrées aux Opex en pourcentage du budget total de la défense.

Figure 62 Surcoût des Opex (dépenses réalisées rapportées aux budgets LFI) (1998-2011)



Source : Trucy, Masseret et Guéné (2009, p. 126)

Ce ratio est un indicateur de l'effort financier du pays en termes d'interventions à l'extérieur de ses frontières. Lorsqu'il augmente, les matériels sont susceptibles d'être sollicités davantage et réciproquement.

Sur la période 1998-2011, les conflits dans lesquels la France s'est engagée sont : le Kosovo (1999), l'Afghanistan, la Côte d'Ivoire, le Liban, la Libye et le Mali (de 2002 à 2013). Dans la décennie 2000, le ratio augmente puis diminue avec un minimum atteint en 2005. Il augmente entre 2005 et 2011 et atteint un maximum au cours de l'opération Harmattan (2011)[149] (opération dont le coût est estimé à presque 400 millions d'euros pour une Opex de 8 mois environ). Enfin, pour les quatre premiers mois de 2013, le coût de l'opération Serval (Mali) est de l'ordre de 150 à 200 millions d'euros (pour un total de surcoût budgété de 630 millions d'euros pour l'ensemble des Opex pour l'année 2013) (Chevénement et al., 2013, p. 65) .

En Opex, l'objectif du MCO est de garantir une disponibilité opérationnelle fixée à 90 %. Cet objectif est généralement respecté. Dans le cas des matériels terrestres par exemple, en 2009, la disponibilité sur les théâtres d'opérations extérieures s'établissait à 91,2 %, –

[149] L'opération Harmattan est la contribution française à l'intervention militaire de 2011 en Libye dans le cadre de la guerre civile libyenne. Elle a commencé le 19 mars 2011 et s'est terminée le 31 octobre 2011.

0,8 points de plus qu'en 2008 –, et ce malgré le volume et la diversité des matériels à soutenir, à savoir : 3 115 matériels en moyenne sur l'année (3 038 en 2008) dont 865 blindés (736 en 2008) ; 1 553 véhicules à roues (1 762 en 2008) et 697 engins divers (540 en 2008). Parmi l'ensemble des parcs, seuls neuf parcs totalisant 92 véhicules (3 % des véhicules projetés) n'ont pas eu une disponibilité supérieure à 80 %. Ces derniers sont pour la plupart des micro-parcs pour lesquels une seule panne a un impact très fort sur la disponibilité (SIMMT 2009, p.7). Au premier semestre 2011, la disponibilité des matériels de l'armée de terre en Opex était de 91,5 % (supérieure au seuil plancher de 90 %), tout comme en 2010, et en dépit d'une nette augmentation du nombre de matériels projetés (Bernard 2011, p.35).

Certains matériels de l'armée de terre sont très sollicités en projection. Lorsque les matériels sont anciens et sollicités, les effets du vieillissement se combinent avec ceux de la sur-sollicitation. Ainsi, l'AMX 10-RC, véhicule vieillissant, rénové – 256 AMX-10 RC ont été rénovés en 2010 – mais très sollicité en Opex pour sa « *souplesse d'emploi, sa polyvalence et sa mobilité* » (CPRFA 2009, p.9), a enregistré une disponibilité à la baisse en métropole. Il a été projeté notamment en Afghanistan et au Liban.

Les aéronefs de l'ALAT sont également très sollicités en Opex avec en 2010 une moyenne de 45 à 50 appareils (sur un total d'environ 350) déployés hors métropole et 400 personnels (21 % des effectifs de MCO) pour un effectif global de 5 140 militaires (4,5 % de l'effectif de l'armée de terre) (Bombeau, 2010a). Concernant les hélicoptères de transport, les rapports évoquent une sur-sollicitation de l'ensemble des parcs (Vinçon, 2002a, p. 9).

L'augmentation considérable des moyens affectés à l'Opex en Afghanistan a notamment obligé l'armée française à engager ses matériels les plus modernes (*e.g.* Tigre et Caracal) sur un théâtre très exigeant (Boucheron 2011, p.10). L'armée de terre engageait en permanence, entre 2009 et 2012 trois Tigre sur le théâtre afghan. Au total, ce sont six hélicoptères d'attaque et cinq hélicoptères de manœuvre, dont disposaient les forces françaises sur l'aéroport de Kaboul (Bombeau, 2009d, p. 36).

L'opération Harmattan a aussi beaucoup sollicité les matériels en engageant près de 70 aéronefs (Boucheron 2011, p.12). Pour l'armée de l'air, l'engagement en Libye « *a conduit à un accroissement important de la charge de travail de l'ensemble des personnels engagés dans les opérations (soutien, planification, etc.)* » (Viollet, 2011, p. 12). Toujours pour l'armée de l'air, le seul coût du MCO engendré par les Opex[150] s'élèverait à 134 millions

[150] Ce coût se calcule en additionnant le coût direct lié à l'heure de vol aux surcoûts propres aux opérations : accroissement de certaines activités spécifiques, usure prématurée des pièces. Ce « coût » est déterminé sur le

d'euros en 2010 et à 282 millions d'euros pour le seul premier semestre de l'année 2011 (Viollet, 2011, p. 26).

L'opération a aussi affecté les forces navales. En 2011, le niveau d'activité de la plupart des bâtiments de combat a excédé très sensiblement les normes de la loi de programmation militaire (LPM), ce qui a induit un surcroît de dépenses inhabituel d'environ 100 millions d'euros sur les périmètres du MCO naval et aéronaval (Amiral Rogel, CEMM in Lamour (2011, p.43)). Les conséquences en termes d'usure pour les navires engagés en Opex sont importantes. Les BPC, très sollicités, sont les plus touchés dans leur programme d'entretien (Lamour 2011, p.12). La situation est encore plus délicate pour les capacités des pétroliers ravitailleurs.

En Libye, sans compter les appareils mobilisés en métropole, près de dix-huit hélicoptères de l'ALAT étaient mobilisés. L'intensité de l'engagement de l'armée de terre dans ce conflit a eu des répercussions sur le coût immédiat du MCO mais aussi futur (formation des pilotes qui est retardée, baisse de la disponibilité du parc en métropole)[151].

La sollicitation des matériels joue donc un rôle important dans l'évolution des coûts de MCO. De fortes sollicitations renchérissent le coût de la maintenance du fait d'une usure accélérée du matériel. Elles peuvent avoir des effets en chaîne sur le MCO et les baisses de disponibilité que l'on peut parfois enregistrer en métropole ont un lien avec le MCO des matériels projetés en Opex. La priorité accordée aux Opex entraîne des difficultés en matière de distribution des pièces de rechange et de mise à disposition des équipes de maintenance pour les activités moins prioritaires[152]. Les matériels prioritaires mobilisent des ressources consacrées au MCO, ce qui immobilise certains matériels (*e.g.* Leclerc, AMX-10-RC, VAB), dont les taux de disponibilité diminuent en métropole. L'usure accélérée a également un impact sur le renouvellement des matériels et donc sur les besoins en investissement. Une augmentation de ces besoins, combinée à un besoin de financement d'Opex (dont la durée

---

seul accroissement des activités dues aux Opex. Il s'y ajoute un « surcoût », dont le calcul repose sur les dépenses de MCO directement imputables aux opérations. Par exemple, les aéronefs engagés au Tchad subissent une corrosion de la cellule plus importante ou les moteurs des avions de combat s'usent plus vite car, en opération, ils doivent supporter des phases de post-combustion répétées. Cela couvre également l'utilisation d'équipements spécifiques aux théâtres d'Opex.

[151] « *Nous payons aujourd'hui encore cet engagement (…) l'opération [Harmattan] a toujours des répercussions sur la formation de certains pilotes qui a dû être retardée, ou bien sur la disponibilité de certaines machines qui ont été 'cannibalisées' pour garantir la disponibilité des appareils projetés (…) tout vient s'agréger à un moment où les opérations n'ont jamais été aussi nombreuses* » (Général Yam Peruisel, commandant de l'ALAT, in Steuer (2012b, p. 14)).

[152] Dans l'ALAT en 2009, 22 % des mécaniciens d'hélicoptères opéraient hors de l'hexagone (Tanguy, 2010b, p. 36).

peut être très variable) réduit d'autant les ressources potentiellement attribuables au MCO dans son ensemble.

2.3 L'évolution du coût du MCO : les facteurs générationnels

Les facteurs générationnels influencent l'évolution des coûts du MCO lors du passage d'une génération de matériels à une autre. La technologie est un facteur majeur influençant le coût du MCO. Le passage d'une technologie de défense à une autre provoque des sauts technologiques qui ont des effets sur le coût d'acquisition des matériels, mais aussi sur leur coût de soutien. Après avoir examiné l'évolution des systèmes de défense d'un point de vue général, nous détaillons plus particulièrement les effets sur les coûts associés aux développements des systèmes électroniques et à l'introduction des nouveaux matériaux. Nous insistons ensuite sur les conséquences de ces évolutions technologiques sur les besoins en infrastructures spécifiques et main d'œuvre qualifiées.

a) Complexité des systèmes de défense et évolution non-linéaire des coûts de MCO

Avant les années 1990, beaucoup des technologies utilisées dans les matériels militaires étaient relativement simples et pouvaient être mises en œuvre à l'aide d'outils génériques. Aujourd'hui, dans les armées modernes, la notion même d'arme tend à disparaître pour être remplacée par celle de système de défense.

Un système de défense différencie un vecteur (naviguant, volant ou roulant) et un ensemble de composants très complexes intégrant des systèmes électroniques d'attaque et de défense (*e.g.* avionique, systèmes de conduite des tirs, contre-mesures permettant de sécuriser le matériel et son environnement). Ces systèmes complexes et complètement intégrés sont des « *systèmes de systèmes* » (Gates, 2004)[153]. Ces évolutions se sont faites progressivement depuis les années 1960 avec une forte accélération dans les années 1990 et 2000.

L'arrivée de matériels mobilisant des hautes technologies se traduit par une modification considérable des capacités opérationnelles et s'accompagne d'une hausse des coûts d'acquisition, mais aussi d'entretien. En tendance, *« le coût élevé des activités de MCO ne s'atténue pas avec l'arrivée de matériels plus modernes dont l'entretien engendre au*

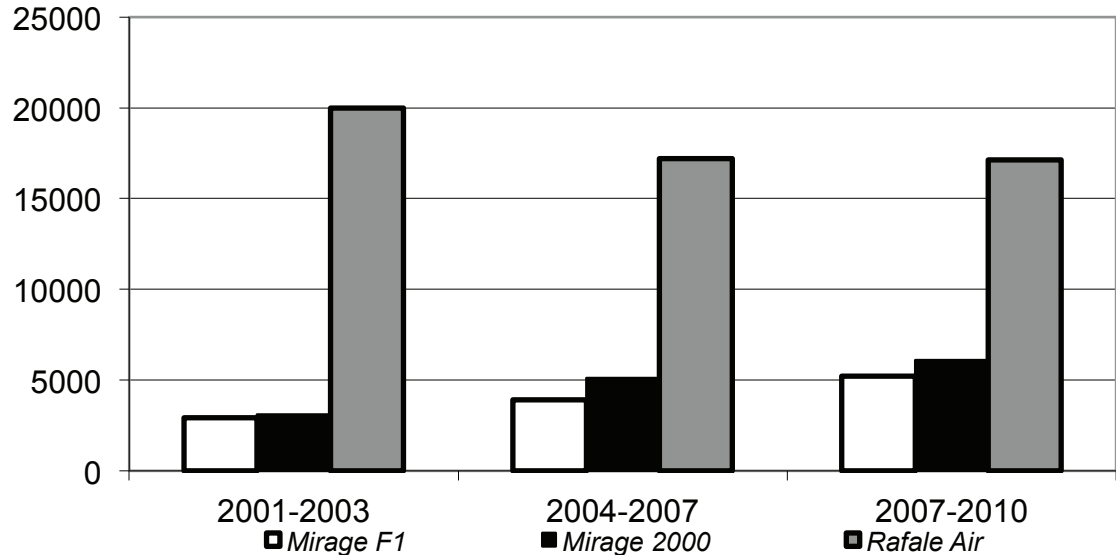
[153] Ces "systèmes de systèmes" peuvent se définir comme suit: "*Military SoS [Sytems of systems] result from combining separately developed systems, usually operated by separate organizations and usually geographically dispersed, into a larger system, such as a joint or a coalition system*" (Huynnh & Snider in Renton & Snider (2008, p. 57).

contraire des dépenses croissantes » (CPRFA, 2008a, p. 9). De plus l'incertitude entoure parfois les nouvelles technologies et ces dernières révèlent parfois des problèmes de maîtrise industrielle à l'origine de défauts de fiabilité et de coûts supplémentaires (Bernard 2011).

Très tôt dans l'aéronautique, la sophistication des matériels a exercé une pression croissante sur les coûts de MCO. Cette sophistication améliore les performance des matériels (le Rafale est un avion polyvalent, les nouvelles frégates ont des capacités de traitement d'information bien supérieures aux anciennes générations, etc.). En comparant les coûts de maintenance, il convient donc de garder à l'esprit que l'on compare des matériels différents. Raisonner uniquement en termes de coût est donc partiel puisqu'il faudrait pouvoir évaluer « l'avantage » des nouveaux matériels.

Nos données montrent que la variation des coûts selon les générations d'appareils est symptomatique des sauts technologiques. Les graphiques ci-dessous montrent que le coût à l'heure de vol en Entretien Programmé des Matériels (EPM) – donc sans compter la main d'œuvre – d'un avion de combat « ancienne génération» comme le Mirage 2000 ou le Mirage F1 est en moyenne de 5 000 euros en 2010. Il faut porter ce montant à plus de 17 000 euros dans le cas du Rafale. Soit un coût à l'heure de vol près de trois fois supérieur.

Figure 63 Coût à l'heure de vol des différentes générations d'avions de combat (en euros)

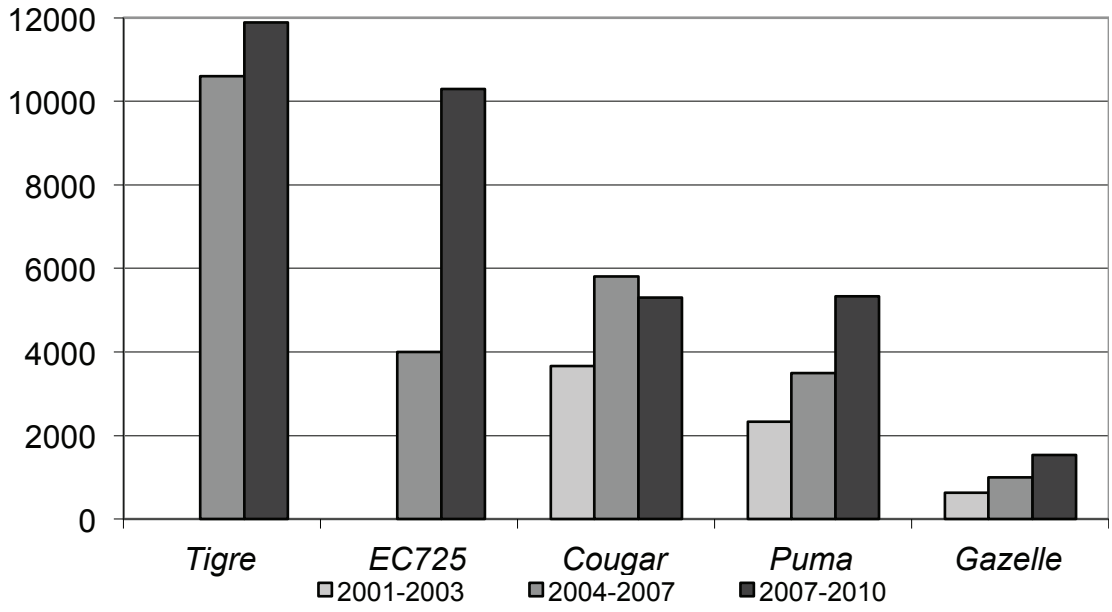


Source : auteur d'après données SIMMAD sur requête spéciale (2011)

On observe une évolution analogue pour l'entretien des hélicoptères de l'armée de terre. Le coût à l'heure de vol du Caracal (EC-725) est près de dix fois supérieur à celui de la Gazelle et près de cinq fois supérieur au coût d'un Puma ou d'un Cougar. Le même constat peut être fait si l'on compare le coût à l'heure de vol du Tigre avec celui de la Gazelle

Viviane. Le nouveau NH90 coûte également près de dix fois plus cher à l'heure de vol qu'une Gazelle et deux fois plus cher qu'un Puma ou qu'un Cougar. Le NH90 a un MTTR (*Mean Time To Repair*)[154] de quatre heures, contre seulement une heure pour une Alouette et une demi-heure pour une Gazelle. Ce phénomène de « marche d'escalier » illustre des évolutions non-linéaires des coûts de MCO. Le coût d'entretien des systèmes semble suivre une « loi d'Augustine »[155], illustrée par le graphique suivant :

Figure 64 Coût à l'heure de vol des hélicoptères de l'ALAT (en euros)



Source : auteur d'après données SIMMAD sur requête spéciale (2011)

Au global, dans l'armée de terre, le remplacement de 275 hélicoptères Gazelle et 100 hélicoptères Puma par 120 hélicoptères Tigre et 133 hélicoptères NH 90 au coût de MCO unitaire de respectivement 1 million d'euros et 1,5 millions d'euros par an, pourrait faire passer le coût d'entretien global de ces catégories d'aéronefs de 150 millions d'euros dans la décennie 2000 à plus de 320 millions d'euros en 2015 (Fréville 2008, p.55)[156].

[154] Littéralement cet indicateur désigne le temps moyen pour réparer à partir de la moyenne des temps de tâches de réparation. Il est généralement calculé en additionnant les temps actifs de maintenance (localisation de la défaillance, diagnostic, intervention et contrôle/essai) ainsi que les temps annexes de maintenance (détection, appel à la maintenance, arrivée de la maintenance, logistique d'intervention), le tout divisé par le nombre d'intervention.

[155] «Régularité statistique » selon laquelle chaque nouvelle génération d'un système d'arme coûte, à l'acquisition, le double de la précédente. Du nom de Norman Ralph Augustine, homme d'affaires américain ayant pour spécialité le secteur spatial et ancien sous-secrétaire d'État aux armées (1975-1977).

[156] Concernant les Tigre, le chiffre a été ramené à 80 appareils, soit une décroissance de un tiers par rapport à la cible initiale, en grande partie due au coût du matériel, son infrastructure et à la contrainte budgétaire.

Dans l'aéronautique, les coûts de MCO sont aussi élevés pour les matériels mobilisant des technologies spécifiques et aux séries peu nombreuses. Par exemple, le coût du MCO de l'ensemble de la flotte des quatre AWACS s'élève à 44 millions d'euros par an (Fréville 2008, p.53). En 2012, le coût à l'heure de vol de ces appareils était évalué à 28 000 euros, dont environ 60 % en EPM et 40 % en RCS et pensions des personnels (Eckert & Launay 2012, p.43). Dans la marine, le coût annuel du MCO du Hawkeye est estimé entre 5 et 10 millions d'euros par appareil (flotte de trois appareils) avec un coût à l'heure de vol compris entre 22 000 euros et 29 000 euros sur la décennie (en 2012, 10 500 euros en EPM et 14 500 euros en RCS). Enfin, les flottes de drones, peu nombreuses, mais dont l'importance grandit (*cf.* Livre blanc de 2013), ont une heure de vol estimée à 13 000 euros en 2010 (Viollet, 2011, p. 52).

Concernant le MCO terrestre les nouvelles technologies provoquent aussi des effets « marche d'escalier ». Bien que les données soient très rares ou peu fiables sur le sujet, il est possible d'illustrer de tels effets. En 2001, le coût de soutien annuel moyen du Leclerc est estimé à 0,15 million d'euros en début de vie, contre 0,09 million d'euros pour un AMX 30 B2 (Vinçon 2001, p.69). Le rapport cité ne précise pas la durée sur laquelle est effectué ce calcul, mais il est possible de dire que le coût de soutien unitaire en début de vie est au moins 1,7 fois plus onéreux[157]. Du côté des blindés légers, l'heure d'utilisation du VBCI coûte environ huit fois celle d'un AMX-10P (Lefeez, 2013, p. 11)

Dans le MCO naval, domaine pour lequel nous ne possédons que très peu d'information sur les évolutions de coût, l'entretien des matériels modernes est coûteux et tout particulièrement au début du cycle de vie. Ici encore, le renouvellement des matériels se traduit généralement par un nombre plus restreint de moyens ayant des capacités supérieures, mais avec des coûts de maintenance également supérieurs (Lamour 2011, p.18).

b) Evolution des technologies de défense et coûts de MCO

Nous nous intéressons maintenant aux facteurs jouant un rôle majeur dans l'évolution du coût de MCO des matériels en lien avec l'évolution des technologies de défense. Nous soulignons l'importance des infrastructures et de la qualification de la main d'œuvre dans les

[157] Ces estimations nous semblent être effectuées *a minima*. Compte tenu des expériences de la décennie 2000 avec le Leclerc, il est fort probable que le ratio précédent soit nettement supérieur à 1.7 Faute de données comparatives fiables pour l'AMX 30, il nous est malheureusement impossible de procéder au calcul de ce ratio.

évolutions de coûts du MCO. Les exemples de l'électronique et des matériaux composites permettent d'illustrer notre propos.

i) Importance des infrastructures et de la main d'œuvre dans le coût du MCO

De façon générale, l'entretien des systèmes de défense entraîne des coûts importants associés à des infrastructures et des compétences très spécifiques. Des exemples d'infrastructures spécifiques peuvent être trouvés dans le MCO.

Dans le MCO aéronautique, les infrastructures dédiées aux tests des moteurs des avions à réaction (*e.g.* Rafale, Mirage) sont des exemples d'infrastructures spécifiques. Toujours dans l'aéronautique, la base d'Avord, qui s'occupe du MCO de la flottille de quatre E3F Awacs de l'armée de l'air, est une des deux bases au monde à être équipées d'une grue dédiée pour la dépose du rotodôme (la *Texas tower*) (Steuer & Cosmao 2009). Un tel équipement est nécessaire pour la vérification périodique des roulements à bille de la table tournante qui met en rotation le radôme.

Dans le MCO terrestre, concernant le MCO des matériels modernes comme le char Leclerc ou l'hélicoptère Tigre, les rapports consultés font état du rôle déterminant des infrastructures dans les coût du MCO. L'entretien de ce type de matériels nécessite souvent des infrastructures spécifiques répondant à des normes contraignantes (*e.g.* équipements de tests de matériels, enceintes de stockage à hygrométrie contrôlée). L'entretien de ces infrastructures spécifiques s'avère beaucoup plus coûteux que celui des bâtiments ordinaires (Vinçon 2001). À titre d'illustration, le coût du MCO des quatre régiments de chars Leclerc et des trois régiments d'hélicoptères Tigre de l'armée de terre française devrait être supérieur au coût du MCO de tous les autres régiments de l'armée de terre réunis (Desportes, 2009, p. 410). En 2008, ces sept régiments (sur 99 au total) consommaient à eux seuls 60 % des crédits de maintenance (Irastorza, 2008).

Dans le MCO naval, des infrastructures spécifiques comme par exemple une cale de radoub pour porte-avions sont d'autant plus coûteuses qu'elles sont souvent idiosyncratiques (Schank, 2005, p. 63). Toujours dans le MCO naval, l'apparition de nouveaux modes de propulsion, tels que les réacteurs nucléaires pour les bâtiments de surface ou les sous-marins a entraîné le développement d'équipements spécifiques et coûteux. De plus, cela a rendu obligatoire de nombreuses procédures de maintenance spécifiques qui peuvent être génératrices de coûts. Un exemple de croissance des coûts est donné par l'évolution des normes de sécurité nucléaire pour les infrastructures de l'Ile Longue (Brest) pour les rendre

identiques aux normes du nucléaire civil. Il a résulté de cette mise aux normes un doublement du coût de maintenance des infrastructures (CPRFA 2010).

Si les infrastructures ont une importance considérable dans l'évolution des coûts du MCO, le niveau de qualification de la main d'œuvre et l'élévation de son coût est aussi à prendre en compte.

Tout d'abord, si l'on considère une évolution des coûts de MCO depuis les années 1990, certaines tâches de maintenance auparavant assurées par les conscrits sont maintenant réalisées par des professionnels, civils ou militaires, aux niveaux de rémunération plus élevés[158]. Cet élément est notamment important dans le cas du MCO terrestre et a largement contribué à l'augmentation du coût du MCO des matériels à la fin des années 1990 – début des années 2000.

Ensuite, comme les matériels de défense sont caractérisés par une très grande spécificité technologique dans des domaines très novateurs, les tâches de maintenance sur les nouveaux matériels sont souvent plus coûteuses à réaliser parce qu'elles exigent des compétences spécifiques (voire uniques) qui doivent être entretenues.

ii) Electronique et logiciels embarqués

La part de l'électronique dans les systèmes de défense augmente régulièrement depuis les années 1960 (Hébert 1995, p.85). Dans l'aéronautique, « *la part de l'électronique dans un avion de combat, qui atteignait 5 % de la valeur totale en 1950, a crû de façon spectaculaire pour atteindre environ 30 % dans les années 1980* » (Dussauge 1985, p.14). Aujourd'hui, dans les chasseurs modernes, cette part dépasse les 50 %. Dans les matériels terrestres, l'électronique ne représentait que 10 % du coût de fabrication d'un char AMX30-B – mis en service à la fin des années 1960) –, 15 % du coût d'un AMX 30 B2 – entré en service au début des années 1980 – et 50 % du Leclerc – mis en service au début des années 2000 – (Dubot *et al.* 1987). Dans le naval, la part de l'électronique n'a cessé de prendre de l'importance. À la base des systèmes de combat et de communication, en 2005 la part de l'électronique était estimée à 50 % du coût de construction d'un navire de surface et 30 % de celui d'un sous-marin (Ravix, Bernard, Hendrickx, De Penanros, & Quéré, 2005).

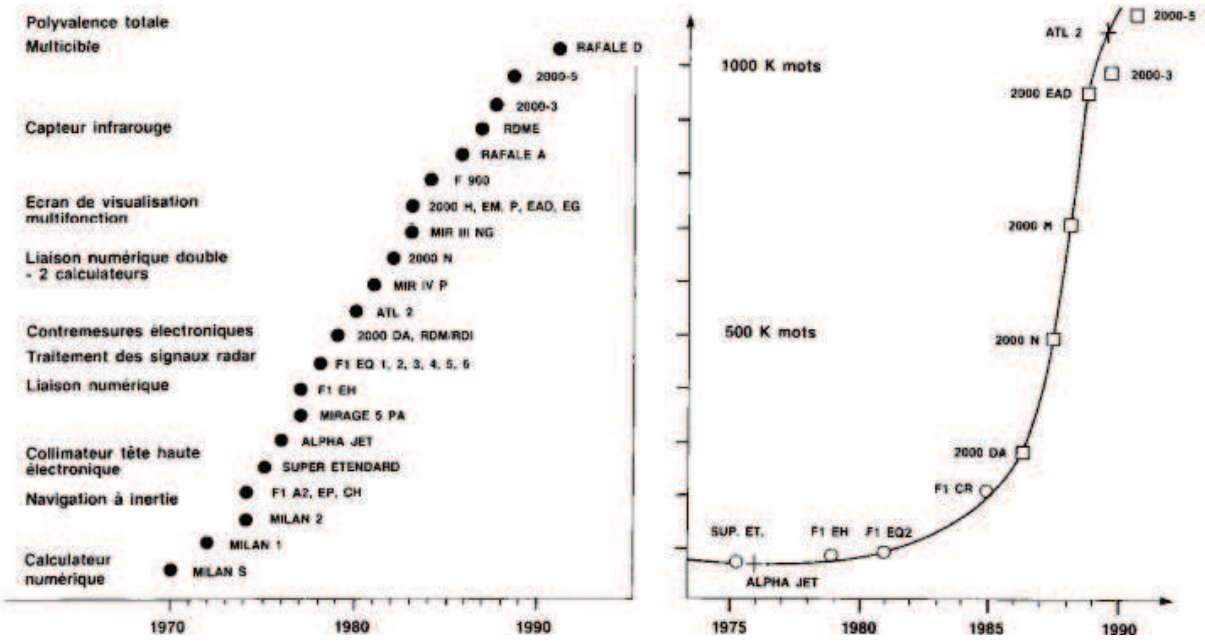
La part de l'électronique progresse toujours. Dans l'aéronautique par exemple, les recherches actuelles visent à remplacer les actionneurs pneumatiques et hydrauliques par des

[158] Le coût annuel d'un volontaire en dépense de fonctionnement (Titre 3), hors pension à périmètre de programmation et unité monétaire courants, se montait en 2001 à 15 229 euros par an contre 6 492 euros pour un appelé (Cour des Comptes, 2002a).

systèmes électroniques ou électromécaniques (*e.g.* actionneurs des commandes de vol, du système de freinage, d'ouverture des sas)[159].

Aujourd'hui, si l'électronique *hardware* est de plus en plus présente dans des systèmes de défense, c'est aussi le cas de l'électronique *software.* Les graphiques ci-dessous illustrent l'évolution de la quantité de logiciels embarqués à bord des matériels de chez Dassault.

Figure 65 Evolution des systèmes d'arme et logiciels de systèmes d'arme chez Dassault (mesurée en k-mot ou k-octets)



Source : Herchin (2001, p. 4)

Avant 1980, on embarque relativement peu de logiciels. À partir du début des années 1980, l'évolution s'accélère avec le Mirage F1, puis le Mirage 2000[160]. Cette tendance a également été mise en évidence pour les chasseurs américains[161]. Progressivement, les systèmes de défense deviennent de plus en plus intégrés, et ce quels que soient les « milieux » (aéronautique, naval ou terrestre). Le tableau suivant montre la progression de la part des fonctions gérées par les logiciels embarqués à bord des principaux chasseurs américains depuis les années 1960.

---

[159] Ce développement de l'électronique permet un gain de masse et des économies de carburants (certains programmes de recherche anticipent jusqu'à 30 % des coûts d'exploitation avec un accroissement de 30 % des capacités opérationnelles) (Rebeaud, 2012, p. 34).

[160] Le Rafale incorpore tellement de puissance de calcul que son point représentatif dépasse les limites du schéma.

[161] « *Dans l'aéronautique américaine, l'équipement informatique représentait 2 % du coût d'un F4 Phantom dans les années soixante, 26 % du coût d'un F15 dans les années soixante-dix, et 43 % du coût d'un F18* » (Hébert 1993, p.572)

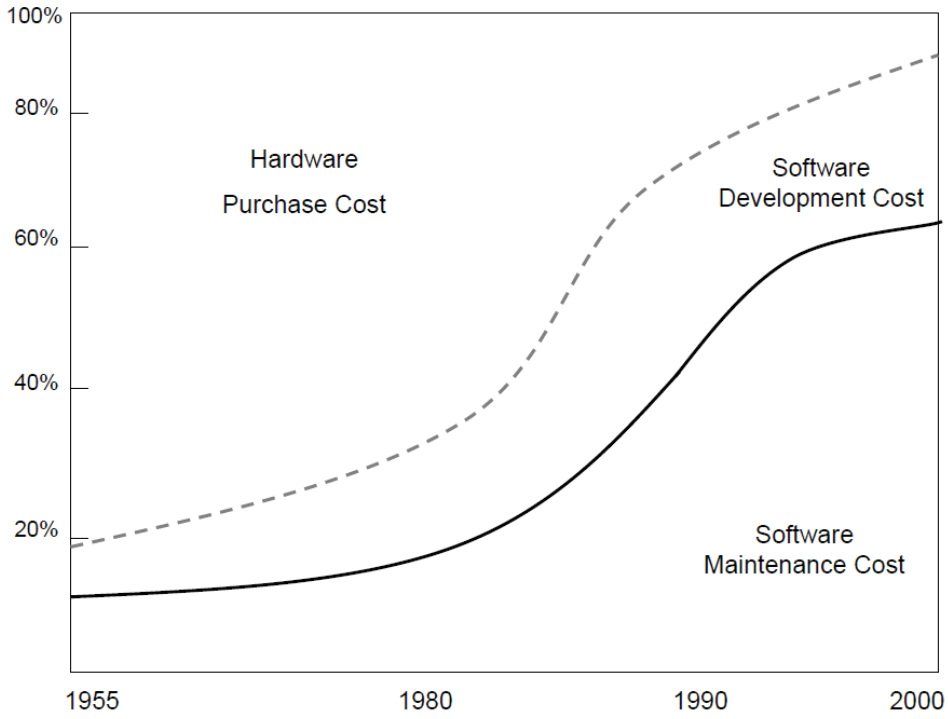
Tableau 14 Les logiciels gèrent de plus en plus de fonctions (chasseurs américains)

Appareil	Année	% des fonctions gérées par les logiciels
F-4	1960	8
A-7	1964	10
F-111	1970	20
F-15	1975	35
F-16	1982	45
B-2	1990	65
F-22	2000	80

Source : Defense Science Board, November 2000

Les logiciels (*software*) occupent désormais une place prépondérante dans le coût de MCO des systèmes[162]. Ceci est particulièrement vrai pour l'aéronautique (*cf.* graphique ci-dessous).

Figure 66 Coûts des Software et Hardware en pourcentage du coût total du système (avionique des avions de chasse américains)



Source: Osmundson *in* Rendon et Snider (2008, p. 65).

Dans l'aéronautique en 1970, sur un avion de chasse tous les équipements (radar, moteur) sont indépendants. En 1980, une première intégration lie les commandes de vol et les

[162] Par exemple, dans le cas des avions de chasse : "*It is worth nothing that 40-60 % of the cost of a modern fighter is represented by its on-board avionic package and embedded software*" (Quaranta, 2012, p. 45).

radars, mais le moteur demeure encore indépendant. Depuis les années 1990, les systèmes de commandes de vol sont généralisés et tous les équipements de l'avion opèrent en interaction permanente (moteurs, censeurs, radars, etc.).

La part croissante du *software* par rapport au *hardware* a un impact sur la main d'œuvre, sa qualification et donc son coût. En effet, le personnel de maintenance du hardware est plutôt composé de techniciens aux compétences plus focalisées sur la « maintenabilité » d'un matériel. En revanche, la maintenance des logiciels exige plutôt des informaticiens chargés de la gestion de la maintenance des logiciels, mais aussi leur mise à niveau, leur interopérabilité et leur fiabilité. Or, l'expérience américaine montre que le coût d'un ingénieur spécialisé en software est sensiblement plus important que celui d'un technicien de maintenance hardware (Naegle *in* Rendon & Snider, 2008, p. 97 Chap. 6).

Enfin, le poids de l'électronique accroît également les besoins de câbles en tous genres dont le coût est parfois considérable[163]. Enfin, notons que la quantité de logiciels embarqués et l'emploi croissant de l'énergie électrique à la place des énergies hydrauliques et pneumatiques a des conséquences sur l'environnement physique des équipements. « L'électronique de puissance » accroît les sources thermiques à gérer (Rebeaud, 2012, p. 34), ce qui complexifie le MCO en rajoutant de nouveaux équipements et accroît souvent les coûts d'ensemble.

Avant de conclure sur l'électronique, n'oublions pas que les systèmes électroniques sont aussi mis au service du MCO. Par exemple, sur l'EC135 d'Eurocopter le contrôle numérique du moteur mesure la température et la vitesse de sortie des gaz de combustion (Foucault 2012, p.36). Cette vision en temps réel de l'état du moteur sert à la maintenance prédictive et Eurocopter espère ainsi faire évoluer la fréquence des révisions de 4 000 à 6 000 heures de vol. Cette forme de progrès technique contribue – au moins partiellement – à la réduction des coûts de maintenance. Le phénomène a déjà été identifié et décrit par Hébert (1993), notamment lorsqu'il aborde l'impact de la modularité des systèmes de défense sur les coûts de maintenance[164].

L'électronique s'est généralisée. Si par certains côtés, elle permet d'optimiser les coûts, sa maintenance a néanmoins un coût considérable. Les systèmes d'informations et de

---

[163] « *Combien de câbles sont facturés à un tarif exorbitant et sont tellement spécifiques qu'ils deviennent une contrainte lorsque le maintenancier doit échanger une pièce risquant somme toute d'être sectionnée sur le champ de bataille* » (Bass, 2012, p. 78).

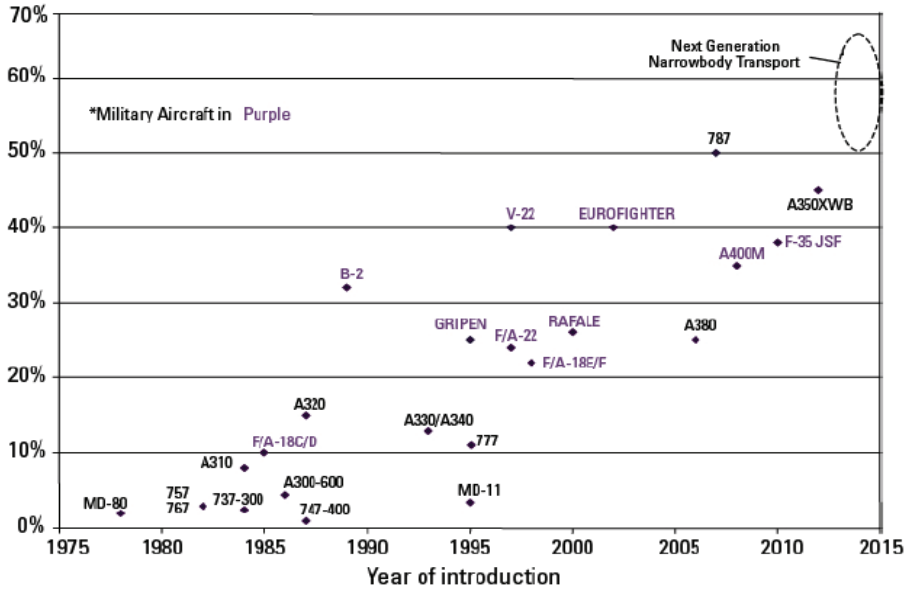
[164] « *On peut donc considérer que certains facteurs techniques peuvent permettre d'exercer une pression à la baisse des coûts* [de maintenance]» (Hébert 1993, p.574)

communication (SIC), cruciaux dans les systèmes de défense, sont en effet coûteux. Régulièrement, une partie des augmentations des crédits de maintenance sert à contrebalancer l'accroissement continu des besoins liés au MCO des SIC (Marini 2007, p.45). Le coût en SIC du MCO augmente notamment parce que la part de logiciels s'accroît et que la main d'œuvre nécessaire au MCO de ces logiciels est très qualifiée et très coûteuse.

ii) Les nouveaux matériaux

Parmi les « nouveaux matériaux » utilisés dans les systèmes de défense, nous nous intéressons plus particulièrement aux matériaux composites. Ces matériaux (*e.g.* carbone, céramique, époxy) ont de plus en plus d'applications dans les systèmes de défense. Le graphique ci-dessous montre une augmentation de la part des matériaux composites dans la composition des avions modernes (civils et militaires).

Figure 67 Part des matériaux composites dans les équipements aéronautiques civils et militaires (% de la masse de la structure)



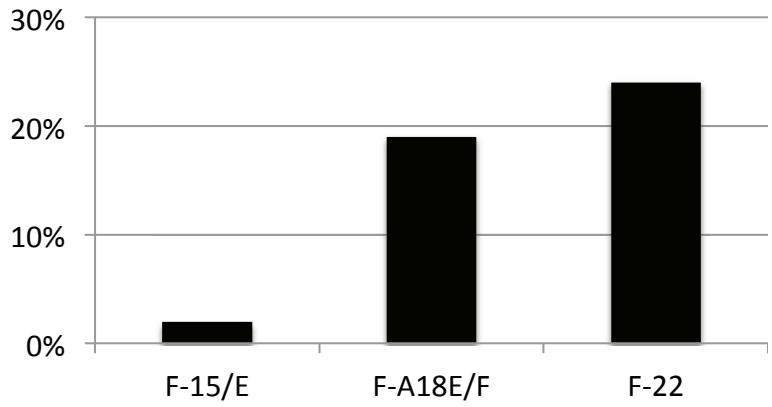
Source : ATSB (2007, p.6)

De moins de 10 % à la fin des années 1980, la part des matériaux composites passe à plus de 40 % dans les années 2000 et aujourd'hui. Pour certaines parties des aéronefs, les objectifs sont d'atteindre les 70 % à 80 %. Les avions de combat notamment ont adopté relativement tôt ces matériaux pour la recherche de la performance (moindre masse et donc moindre consommation de carburant[165], amélioration de la vitesse et réduction des signatures

[165] Par exemple, le carbone a une densité de 1,6 contre 2,8 pour l'aluminium, avec une résistance supérieure. Les gains de masse sont estimés à 25-30 % en moyenne par rapport aux équivalents métalliques.

radar, optimisation des moteurs[166]). Le graphique suivant compare l'évolution de la part des composites dans la conception des chasseurs américains F15, F18 et F22.

Figure 68 Les matériaux composites dans les avions de combat américains



Source : Deo *et al.* (2001)

La part matériaux composites augmente sensiblement d'une génération à l'autre. Elle passe de moins de 2 % sur un F15E et augmente jusqu'à plus de 25 % pour le F22 (successeur du F15E) et presque 20 % pour le F/A-18E/F de la Navy. Pour un bombardier furtif comme le B-2 (non représenté ici) cette part dépasse les 60 % !

Des phénomènes similaires peuvent être mis en évidence concernant les avions militaires en Europe. Chez Dassault par exemple, la part des composites passe de 0,25 % sur un Mirage F1 à 7 % sur un Mirage 2000 et à plus de 26 % pour un Rafale (Deo. *et al.* 2001). Sur l'Eurofighter, les matériaux composites constituent jusqu'à 70 % de l'aérostructure. L'A400M comporte environ 27 % de matériaux composites (Robert, 2007).

Les composites sont aussi très présents dans la motorisation où ils ont accru les limites de température des aubes de turbines (Soboyejo, 2006). Le Rafale par exemple intègre sur ces tuyères des volets d'éjection en composites pour le moteur M88-2 (Beauclair 2011).

Du côté des hélicoptères, les composites sont aussi très présents. À la fin des années 1980, les composites représentaient près de 50 % de la structure des appareils (Robert, 2007). Comme sur les avions, les revêtements incorporent de plus en plus de composites. Le revêtement du fuselage du Tigre comporte plus de 80 % de matériaux composites (Musquière, 2009, p. 10). Le NH90 fait lui aussi appel à l'emploi intensif de matériaux composites pour

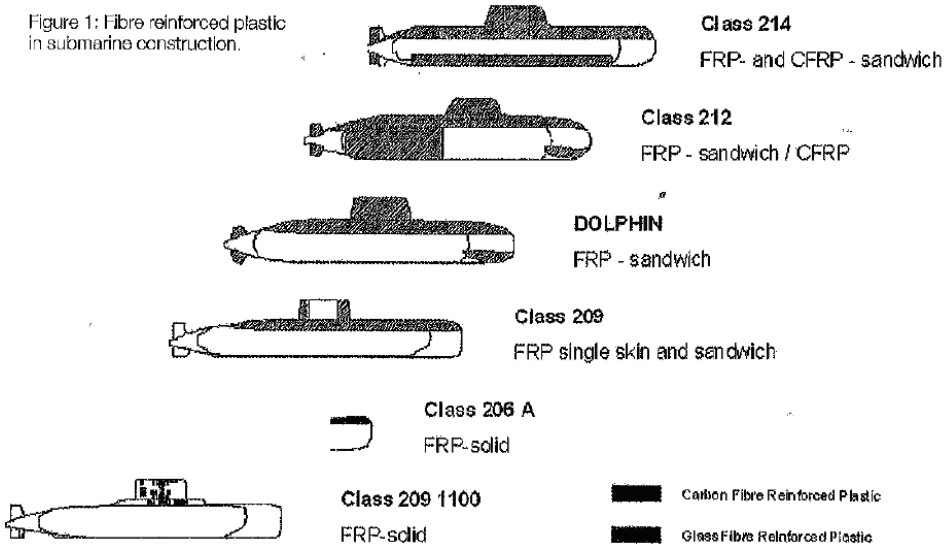
[166] Selon Rolls-Royce, les Céramiques à Matrice Composites (CMC), matériaux composites utilisés dans la fabrication des moteurs, sont plus légers et ont une densité trois fois moins importante que leur équivalent en métal (Julian 2009, p.28).

son revêtement (Rivière, 2005, p. 21). Plus récemment, les industriels s'intéressent aux composites pour le développement des moteurs d'hélicoptères (Julian 2010a, p.18).

Du côté des matériels terrestres, les composites se développent surtout au niveau des blindages. Certaines protections en céramique ou en fibre de carbone permettent des niveaux de protection améliorés et des gains de poids pouvant aller jusqu'à 25 % par rapport à des « solutions métalliques »[167]. Dans le domaine terrestre, au-delà de l'amélioration des capacités du matériel en termes de protection, ces gains de poids ne sont pas à négliger lorsque les matériels sont à expédier sur les théâtres d'opération (*e.g.* projection de matériels aérotransportables).

Dans les matériels navals, la part des composites a aussi augmenté. Les composites réduisent le poids des bâtiments et augmentent la rigidité de certaines pièces. Ils ne se corrodent pas, ont des propriétés thermodynamiques intéressantes et réduisent les vibrations. À titre d'illustration, dans les sous-marins, le graphique suivant montre la part croissante des matériaux composites dans les générations successive des sous-marins de l'industriel allemand HDW :

Figure 69 Les plastiques renforcés par fibres dans la construction sous-marine



Source : Ahlstrom & Malletschem (2011)

Outre leurs avantages « militaires » comme la furtivité et leur légèreté - qui, à puissance égale, permet d'accroître la vitesse - les matériaux composites peuvent permettre de

[167] Par exemple le système CAMAC, développé par l'entreprise américaine NP Aerospace: "*Using sophisticated ballistic laminate technology, CAMAC is based on high-performance glass fiber and carbon fiber reinforced composites, which are consolidated under pressure for precise dimensional control and consistency (...) [CAMAC] is 25 percent lighter than the equivalent steel armour*"(Alexander, 2012).

réduire les coûts de MCO. Dans la motorisation des avions de combat par exemple, poste qui demeure l'un des plus coûteux à l'entretien, en plus de l'amélioration des performances des matériels (*e.g.* augmentation de poussée, baisse de la consommation de carburant de 3 à 5 %), les composites offrent une meilleure résistance des pièces. Le matériau en composite a une durée de vie – sans intervention de maintenance – quasi égale à celle du moteur (chose impossible avec des éléments métalliques) (Beauclair 2008, p.39). Ces matériaux augmentent donc la durée de vie des pièces, notamment dans les parties chaudes des moteurs, ce qui permet d'allonger les intervalles d'inspection des pièces, limite les interventions de maintenance et *in fine* réduit les coûts de MCO.

Ainsi, dans le nouveau moteur du Rafale, les aubes du moteur devraient voir leur durée de vie augmenter de 40 à 50 % (Steuer 2011, p.14). Certains composants pourraient même doubler leur durée de vie (Julian 2012, p.27). Dassault n'indique pas de combien sera réduit le coût de maintenance, mais il précise cependant que pour certains éléments des parties chaudes, il sera possible de réduire le nombre d'inspection (Julian 2010b).

Les composites permettent aussi de réduire le coût d'entretien des aréostructures. D'abord, ils permettent de réduire le nombre de pièces dans les systèmes et donc le nombre de références à gérer. Ensuite, comme pour les parties moteurs, les matériaux composites prolongent aussi la durée de vie des pièces. Pour les hélicoptères, lorsque des pales en métal doivent être remplacées toutes les 50 heures, celles en composites vont jusqu'à plusieurs mois d'utilisation. Par exemple, pour l'hélicoptère Apache américain, la mise en place de pales en composites devrait réduire de moitié les coûts de MCO de ces pièces par rapport à la génération précédente (Musquière, 2009, p. 13).

Dans le naval, si l'intégration des matériaux composites est motivée par l'amélioration des performances, elle l'est également par la réduction des coûts d'utilisation[168]. La résistance à la corrosion de ces matériaux réduit le temps de maintenance des éléments en contact direct avec l'eau de mer. Dans le MCO naval, on peut prendre l'exemple des tubes de ballast des sous-marins nucléaires britanniques. Une nouvelle technique utilisant des composites y a été introduite. Les tubes, soumis à la corrosion par l'eau de mer doivent être déplacés et remplacés durant les opérations de maintenance. Un nouveau procédé consiste à appliquer un revêtement composite à l'intérieur des tubes. La protection de la corrosion engendre des gains de temps conséquents et le temps passé pour remettre à neuf les 11 tubes d'un sous-marin

[168] "*This development is driven by the need to enhance the operational performance (e.g. increased range, stealth, stability, payload) but at the same time reduce the ownership costs (e.g. reduced maintenance, fuel consumption costs) of warships and submarines*" (Mouritz *et al.* 2001, p.21) .

HMS (Vigilant de classe Vanguard) a été réduit de 75 %, soit de huit mois de travail à seulement deux mois (W.T. 2010).

Cependant, si d'un côté les propriétés intrinsèques des composites permettent de réduire les coûts de MCO, d'un autre côté, leur mise en application pratique s'avère génératrice de coûts.

D'abord, les matières premières à la base des composites (*e.g.* polyester, carbone, fibre de verre, époxydes) restent relativement coûteuses (*e.g.* de l'ordre de 250 € le kilo de carbone, contre 6 €/kg pour l'aluminium, matériau de base de beaucoup de pièces de systèmes d'armes avant l'introduction des composites) (UIMM Aquitaine 2007). Ce différentiel de coût peut jouer sur le coût des pièces détachées (*e.g.* des éléments de carbone à remplacer). Ce différentiel est susceptible d'être amplifié en raison d'une offre en faible croissance (existence de goulets d'étranglement dans la production), face à une demande civile et militaire en constante augmentation (UIMM Aquitaine 2007).

Ensuite, le MCO de matériels incorporant beaucoup de matériaux composites nécessite des équipements spécifiques et coûteux. À ces équipements peut aussi s'ajouter une augmentation du coût de la main d'œuvre en raison des compétences spécifiques à ce type de matériaux. Les retours d'expérience sur les avions furtifs américains montrent notamment que leur MCO nécessite plus de main d'œuvre spécifique que les avions conventionnels (Julian 2010c).

Enfin, à ce jour, les matériaux composites sont considérés comme non-recyclables (Beauclair, 2009b). Cette dernière caractéristique pourrait ne pas être sans conséquence si l'on intègre le coût du recyclage des matériaux d'un matériel dans son coût global de possession.

En conclusion, les matériaux composites améliorent les performances des matériels. Leur généralisation dans la conception des systèmes de défense fait qu'ils constituent désormais un nouveau paradigme technologique. Néanmoins, leur effet sur les coûts de maintenance est encore mal connu. D'un côté leurs propriétés intrinsèques permettent de réduire les coûts de MCO, mais d'un autre côté les modalités concrètes de leur mise en application sont coûteuses. *In fine* l'effet global des matériaux composites sur les coûts doit être analysé avec davantage de recul compte tenu de cette ambiguïté mise en évidence. À notre connaissance, il n'existe pas encore d'étude – dont les résultats seraient publics – permettant de dresser le bilan économique global de leur usage.

2.4 Les spécificités de chaque armée, les facteurs institutionnels et l'histoire

Nous abordons ici d'autres facteurs susceptibles d'avoir un impact sur le coût du MCO. D'abord les spécificités de chaque armée peuvent influencer le coût du MCO. Ensuite nous abordons la question des structures de marché avec notamment les situations de monopole. Enfin, nous évoquons la prise en compte de l'histoire à travers les réformes et les « coûts de transition » qu'elles peuvent engendrer (Ciborra, 1993).

a) Les facteurs spécifiques à chaque armée

Au-delà des invariants détaillés précédemment, une analyse plus approfondie du MCO tend alors à légitimer une approche par secteur, qui prendrait en compte les spécificités des matériels et leur condition d'utilisation. Selon les armées, les coûts de MCO sont influencés par des facteurs de nature très différente et spécifique à chaque armée.

Par exemple, dans le cas des matériels terrestres de l'armée de terre, la très grande hétérogénéité du parc (115 « familles » de matériels) (SIMMT 2010, p.6) et sa forte dispersion géographique jouent un rôle important dans les coûts en limitant les économies d'échelle sur les infrastructures de MCO. Ceci est bien évidemment lié aux missions de l'armée de terre et à l'histoire, notamment en ce qui concerne l'implantation et la répartition sur le territoire.

Dans la marine, le matériel naval se caractérise par de petites séries, ce qui réduit les économies d'échelle envisageables. Ensuite, les matériels sont composés de bâtiments représentant des ensembles ramassés associant des fonctions très diverses (*e.g.* navigation, combat, entraînement, vie courante). Ceci complexifie fortement l'organisation du MCO et a une incidence forte sur son coût (CPRFA, 2008b, p. 8).

Les matériels aéronautiques se distinguent quant à eux par une composante technologique très forte dans le soutien des aéronefs (*e.g.* électronique, super calculateurs, part prépondérante des matériaux composites). Particulièrement notable à la fin des années 1990 et au début des années 2000, cette spécificité tend à être moins marquée de nos jours. En effets, les matériels terrestres et navals ont aujourd'hui eux aussi largement recours à l'électronique et aux matériaux composites.

b) Les situations de monopole

Des situations de monopole ont été observées dans le MCO. Globalement, plus de 85 % du volume des marchés notifiés en matière de MCO sont caractérisés par l'absence de concurrence (Eckert & Launay 2012, p.44).

Dans le MCO naval en 2009, l'ouverture à la concurrence concernait 71 % du nombre de marchés publics passés par le Service au Soutien de la Flotte (SSF), mais seulement 20 % en valeur (Lamour 2007, p.19). En 2011, DCNS était titulaire de 30 % des marchés de MCO - dont certains mis en concurrence - ce qui représentait entre 70 % et 80 % des montants totaux du MCO naval (Lamour 2011, p.36).

Dans le MCO aéronautique, sur les 33 marchés nouveaux passés en 2011 par la SIMMAD (structure intégrée de maintien en condition opérationnelle des matériels aéronautiques du ministère de la défense), 23 marchés (soit 85 % de la valeur totale des achats) ont été passés sans mise en concurrence, auprès de 16 industriels en position de fournisseurs uniques (Cour des Comptes 2013, p.2).

Dans la maintenance des matériels terrestres, la moitié des crédits de la SIMMT (structure intégrée du maintien en condition opérationnelle des matériels terrestres) a été allouée à quatre industriels (Cour des Comptes 2013, p.2).

Ces situations de monopoles tendent à accroître les prix contractuels, à prestations égales (Dulait & Nogrix 2007). Ainsi, dans le domaine du MCO des hélicoptères, en 2007, sur les marchés passés avec Eurocopter, on enregistrait une hausse des prix des prestations de près de 20 % par rapport aux marchés antérieurs (Dulait & Carrère 2010, p.77). En 2008, on observait sur le Mirage 2000, et en particulier sur la motorisation, une hausse du coût [d'un montant non précisé] des tarifications des prestations industrielles MCO (Bombeau, 2008b, p. 54).

Afin de remédier à ces situations de monopole, la mise en concurrence est envisagée par les pouvoirs publics. La Cour des comptes relevait récemment que l'ouverture à la concurrence d'un marché préalablement réservé à la seule entreprise bénéficiaire du programme d'armement concerné, pouvait se traduire par des gains financiers de 30 à 40 % par comparaison avec le prix du marché précédent (sans mise en concurrence) (Cour des Comptes 2013, p.2). Des réductions allant jusqu'à 50 % ont été constatées, dans les situations – assez rares – où la maturation des technologies employées a permis de passer d'une situation de monopole à une mise en concurrence.

Cependant, la mise en concurrence n'est pas toujours possible et limite les économies potentielles. Aussi, la Cour des comptes estime-t-elle, en définitive, « *qu'une baisse de prix de l'ordre de 10 %, soit une économie de 300 millions d'euros sur le total des contrats notifiés chaque année, constitue un objectif réaliste pour les opérations de maintenance futures du ministère de la défense »* (Cour des Comptes 2013, p.29).

La mise en concurrence n'est en effet pas toujours possible selon l'origine du monopole.

Les monopoles peuvent avoir une origine technique liée aux obsolescences des pièces de rechange. Certaines pièces de rechange peuvent être très difficiles à obtenir lorsque les matériels concernés sont vieillissants. La croissance des coûts est alors liée au fait que certaines pièces ne sont plus produites en série. Les pièces ne sont plus référencées dans les catalogues des producteurs parce que les chaînes de production n'existent plus ou que les sociétés concernées ont parfois disparu. Les industriels qui doivent soutenir des matériels spécifiques et vieillissants se trouvent alors dans des situations de monopole technique. Ils facturent le prix des structures nécessaires pour assurer la gestion des référentiels techniques et la pérennité des pièces détachées. L'exemple typique illustrant ici notre propos est celui des hélicoptères Gazelle au début des années 2000. À cette période, un certain nombre d'appareils étaient immobilisés et il a été très coûteux de relancer la production des pièces en cause (faisceaux torsiques) chez le concepteur britannique de ce matériel, Westland (Meyer 2002). Par effet en chaîne, la croissance du coût des pièces de rechange liée aux obsolescences favorise le développement de comportements « cannibalistes »[169]. À terme, le risque est de réduire la disponibilité globale du parc.

Les monopoles peuvent également avoir une origine institutionnelle liée à des impératifs de sécurité nationale et à l'histoire. Dans le MCO naval, le cas de DCNS illustre ces situations complexes. En 2003, la DCN (Direction des Constructions Navales), ancienne administration en charge du MCO, change de statut et devient DCNS, société de droit privé. La concurrence s'est alors développée dans le MCO naval et d'un seul fournisseur historique au début des années 2000, la marine est passée à huit maîtres d'œuvre en 2005, puis à dix-sept maîtres d'œuvre en 2009 (Labrande, 2010).

Mais DCNS, en tant que constructeur et du fait de ses relations structurelles avec la marine, reste dans une situation privilégiée par rapport à des concurrents potentiels pour la

[169] Pratique consistant à récupérer des pièces détachées sur un véhicule dysfonctionnant pour les réassembler sur un autre véhicule.

maintenance de certains navires jugés particulièrement stratégiques (*e.g.* bâtiments nucléaires, navires fortement armés). La situation de monopole de DCNS pour l'entretien de certains navires vient du fait que cet entretien est lié à la construction et à son référentiel technique. Le fait d'acheter, puis de transférer le référentiel de maintenance pour faire jouer la concurrence revient à transférer le référentiel de construction. Si une telle option est envisageable pour certains bâtiments (*e.g.* bateaux-écoles, vieux navires), elle l'est difficilement pour des bâtiments stratégiques comme les SNLE, les SNA ou un porte-avions. Une situation similaire s'observe dans le MCO terrestre avec Nexter, issu du GIAT et historiquement en position de monopole dans la fabrication et le MCO de certains matériels (*e.g.* char Leclerc, canon Caesar).

D'autres évolutions institutionnelles, plus structurelles, méritent d'être examinées en particulier si l'on s'intéresse au coût global d'un équipement, c'est-à-dire un coût incluant son coût d'acquisition et d'exploitation. Le cas par exemple des structures de marché peut être illustré avec le MCO naval. En cherchant à réduire les coûts d'acquisition, la DGA a permis la concurrence sur les marchés de fabrication de navires de combat, mettant ainsi fin au monopole de plus de trois siècles de la DCN. Des résultats sur les coûts d'acquisition ont certainement été observables et nous ne les commenterons pas ici car le sujet porte sur la partie « exploitation » dans le cycle de vie du matériel.

Néanmoins, concernant le MCO, la multiplication des « sources d'offre » (*e.g*. multiplication des constructeurs navals militaires ou civils) a considérablement étendu la gamme et la diversité des pièces de rechange. Si l'on considère les derniers navires admis au service actif dans la marine, on remarquera qu'ils sortent d'une douzaine de chantiers différents (Le Tonnerre et le Mistral sortent de deux chantiers différents - l'avant est fait à Brest par DCNS et l'arrière par STX -, le Dixmude est fait entièrement par STX, mais avec une gamme de matériel qui n'est plus la même). Les frégates Forbin et Chevalier Paul sont faites par Fincantieri en Italie et par DCNS ; le Dupuy de Lome, navire collecteur de renseignements vient d'un chantier Néerlandais alors que son équipement provient d'une autre entreprise. Ces faits sont les conséquences du passage d'une construction intégrée à une construction modulaire dans l'industrie navale (R. De Penanros & Quéré, 2004; Hendrickx-Candela, 2006).

A contrario, dans la structure de monopole la gamme des pièces de rechange transférables était plus importante. Ainsi la Jeanne d'Arc et le Colbert avaient un appareil propulsif similaire (ce qui permettait de réparer l'un avec des pièces empruntées à l'autre), les

frégates F-70 ont beaucoup de pièces de rechange communes avec les Avisos, les pétroliers et d'autres navires construits par la DCN. On peut considérer qu'une certaine homogénéité de références dans les pièces de rechange était certes plus onéreuse à l'achat en raison des comportements de monopole liés à l'unicité de l'offre, mais aussi facteur d'économie sur les coûts de MCO. Cette homogénéité dans les références, tout en introduisant une certaine modularité dans le MCO, permettait aussi de faire des économies sur la gestion de stocks (moins de références) et surtout, en réduisant les délais d'acheminement des rechanges, avait des effets sur la disponibilité (paramètre fortement dépendant du temps de MCO). En outre des effets positifs pouvaient être observés sur la formation des marins avec une certaine interchangeabilité dans les marins mécaniciens formés qui pouvaient alors servir sur différents types de navires.

In fine, la mise en concurrence, lorsque les séries sont petites, en induisant une multiplicité des références dans les pièces de rechange, a un effet ambigu sur le coût global d'un matériel. En effet, des économies sur l'achat peuvent être compensées par des coûts portant sur d'autres postes plus en aval du cycle de vie de l'équipement (comme le MCO). Il en résulte que le stock de pièces de rechange nécessaire peut être doublé ainsi que la formation des maintenanciers.

c) Les changements organisationnels et les « coûts de transition » dans le MCO

Les changements organisationnels comme les restructurations et les réformes peuvent influencer l'évolution des coûts du MCO. D'un côté, les restructurations et réformes mises en place visent à améliorer la qualité du MCO. Mais de l'autre, elles peuvent aussi engendrer des « coûts de transition» qu'il ne faut pas sous-estimer, voire induire de nouvelles formes de coûts.

i) Les réformes dans les modes de contractualisation

Le passage d'un statut d'administration à un statut de société privée réduit théoriquement les coûts par l'amélioration de la contractualisation et des facilités à l'embauche de nouveaux personnels. Mais cela peut aussi engendrer des « coûts de transition», certes limités dans le temps, mais qui auront un impact sur le coût du MCO.

Prenons l'exemple du MCO naval. Lors du passage de DCN à DCNS, les modes de contractualisation entre la marine et l'industriel changent, ce qui a plusieurs impacts sur la gestion du MCO. Avec l'ancien statut de la DCN, des « rigidités » semblaient empêcher la

réduction des coûts et une amélioration de la disponibilité. Le changement de statut de DCN a permis d'améliorer la qualité de l'offre et de réduire les coûts. Ces « nouvelles » possibilités s'illustrent notamment en termes de fluidité et de rapidité dans les passations de marchés.

Avant le changement de statut, DCN était soumise au Code des Marchés Publics (CMP) pour tout achat. Or, concernant les achats publics, la description des prestations demandées est très précise et les délais de passation des contrats sont souvent longs. Théoriquement, une anticipation et une bonne préparation des contrats permettent de contourner ces difficultés. Mais, outre la mobilisation de temps consacré à la préparation des contrats, une telle logique suppose des capacités d'anticipation importante sur une activité donnée. Or, précisément dans le cas du MCO naval, il semblerait que la part d'activités imprévisibles puisse être estimée à environ 25 % de l'entretien des bâtiments de surface (*e.g.* défaillances fortuites, défauts, usure, problèmes de corrosion découverts lors des démontages) (Meunier, 2003, p. 85)[170]. Par conséquent, DCN, en tant qu'administration soumise au CMP pour tout acte d'achat se trouvait souvent dans l'incapacité de réagir rapidement aux aléas et de maîtriser les délais pour restaurer la disponibilité à un coût acceptable.

En revanche, dans le cadre du statut de société de droit privé, la durée de passation d'un achat se chiffre en quelques semaines (contre de nombreux mois pour une administration). Ainsi, les quelques 30 000 actes d'achat public que Brest et Toulon devaient accomplir chaque année ont fait place à environ 200 actes d'achat public. Ceci représente un gain considérable en termes de temps et de main d'œuvre.

Un exemple illustre cette idée. Au début des années 2000, dans le mois qui a suivi son changement de statut, la frégate anti-sous-marine Dupleix a été victime d'une brusque avarie de lignes d'arbres qui nécessitait son passage au bassin, alors qu'elle s'apprêtait à partir en mission. Aucun bassin n'était disponible dans l'arsenal de Toulon. Si DCN était restée une administration il aurait fallu attendre des semaines pour permettre au Dupleix de reprendre la mer. En revanche, avec son nouveau statut, DCNS a pu louer un bassin dans le port de Marseille en moins de deux jours et réparer la frégate en moins d'une semaine.

Les modes de contractualisation peuvent aussi concerner la main d'œuvre. Par exemple, toujours dans le MCO naval, la main d'œuvre et sa qualification posaient problème à la fin des années 1990 et à cette période, la moyenne d'âge à la DCN dépassait quarante ans. Certaines compétences essentielles (électroniciens, soudeurs, diésélistes, manutentionnaires)

[170] Nous ignorons cependant si ce chiffre se rapporte à des volumes ou à des valeurs.

présentaient des risques d'interruption des savoir-faire. Le passage au statut de société privée a alors permis d'utiliser une main-d'œuvre intérimaire ou de souscrire des contrats de travail à durée déterminée. Ceci a permis plus de flexibilité dans la gestion de la charge de travail et de s'adapter plus facilement aux événements imprévus ou temporaires.

Dans le MCO aéronautique, le cas actuel du SIAé illustre assez bien cette période de transition qui peut affecter les modes d'organisation. Cette structure pâtit notamment de la forte contrainte pesant sur le recrutement des ouvriers d'État. Dans le cas de certaines spécialités très demandées sur le marché, le service se trouve en position de faiblesse pour proposer des contrats d'embauche compétitifs. La norme de recrutement du SIAé aujourd'hui est de deux contrats à durée déterminée de trois ans suivis d'un contrat à durée indéterminée. Cette situation permet difficilement de motiver les nouvelles recrues (Viollet, 2011). La question se pose alors de faire évoluer le statut juridique du SIAé, qui dispose d'un compte de commerce et se trouve en concurrence avec d'autres entreprises du secteur privé, afin de lui conférer une souplesse de gestion plus adaptée à son rôle dans le MCO.

Mais l'adoption du statut de société privée et donc le changement de statut juridique des entreprises anciennement publiques étatiques n'a pas que des incidences positives. Le bilan peut être mitigé, notamment dans les périodes transitoires. La transition d'un statut à un autre peut générer des « coûts de transition » ou révéler des « coûts cachés » (Ciborra, 1993).

L'armée de terre a ainsi été confrontée à l'augmentation des coûts unitaires des pièces de rechange lors du changement de statut de GIAT-Industries (qui est devenu Nexter) (Marini 2004). Dans le MCO naval, le changement de statut de DCN a pu également générer des coûts associés à la transition (cf. A. Boyer, 2001, p. 18-19). Le marché de MCO des BPC[171] fournit ici un exemple adapté. Si le coût à la tonne de ce type de navire est de 30 % inférieur à celui du transport de chalands de débarquement (TCD) de la génération précédente, d'un autre côté, leur coût global de possession a comporté une majoration de 31 millions d'euros (2 % du coût total du programme). Cette majoration serait liée au changement de statut de DCN avec notamment l'assujettissement à la TVA, à la taxe professionnelle et au régime d'assurance de droit commun (CPRFA 2006, p.9).

ii) La professionnalisation des armées

[171] Les BPC sont des navires polyvalents dont la construction répond aux normes civiles et la maintenance à des normes militaires.

Selon la Cour des Comptes en 2004 « *la fonction de MCO a elle aussi subi les conséquences de la disparition des appelés parfois très qualifiés au plan technique. De même, la réduction significative du nombre des personnels administratifs en charge de la passation de marchés ou celle des effectifs de magasiniers chargés des entrepôts de stockage à la suite de la suspension en 1996 de la conscription, a eu des incidences significatives* » (Cour des Comptes 2004, p.6).

Dans l'armée de terre notamment, la professionnalisation s'est accompagnée de restructurations profondes du MCO. Les réorganisations des chaînes de commandement et des services auraient particulièrement complexifié la gestion du MCO. Les redondances hiérarchiques, liées à la complexité de l'armée de terre, auraient entraîné des pertes d'efficacité dans la gestion du MCO. Les diverses restructurations auraient perturbé la continuité du service, notamment en entraînant des retards dans les livraisons des pièces de rechange (Vinçon, 2002b).

De plus, la réforme de la professionnalisation a été mise en place dans des délais courts. Les appelés ont souvent été remplacés *mutatis mutandis* par du personnel civil. Un tel remplacement a contraint la défense à conserver la fonction concernée en son sein, pour éviter d'avoir à supporter le double coût d'un contrat d'externalisation et celui des personnels en poste. C'est le cas, par exemple, de la marine qui a recruté massivement des personnels civils en 1997 sans étudier au fond l'hypothèse de confier une partie de ses tâches à des entreprises civiles. La nécessité d'employer les ouvriers civils de DCN aurait alors bloqué les possibilités d'externaliser certaines tâches d'entretien des navires (Cour des Comptes, 2002b, p. 27).

iii) La coopération et les « surspécifications »

L'exemple de la coopération entre différents pays pour un programme de défense illustre particulièrement bien la situation dans laquelle de nouveaux modes d'organisation peuvent influencer le coût du soutien des matériels. La coopération dans les programmes d'armement s'est développée et la part des programmes en coopération entre pays tend à augmenter depuis le début des années 1990 (Dussauge & Cornu 1998).

D'un côté, la coopération dans les programmes est source d'avantages en raison des économies d'échelle avec partage de divers coûts fixes entre plusieurs États (*e.g.* R&D) et d'une spécialisation du travail sur certaines parties du programme. Sans coopération, certains programmes n'auraient probablement pas pu être développés (*e.g.* Tigre, NH90).

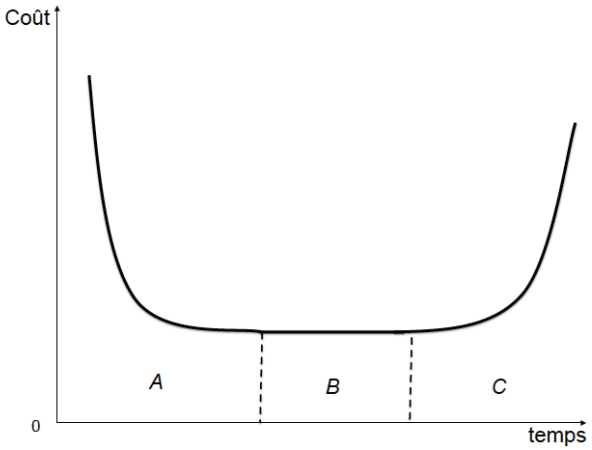
Mais d'un autre côté, la coopération peut aussi être source de surcoûts liés à l'accroissement des exigences opérationnelles des pays (les spécifications). Les multiples spécifications nationales des besoins engendrent une surspécification des matériels. Cette dernière conduit souvent à une superposition des fonctionnalités pour répondre aux objectifs de chacun des états-majors. Or, il s'avère que les coûts de maintenance sont généralement plus élevés en cas de surspécification (CPRFA 2006, p.16). *In fine*, les différentes versions se multiplient ce qui limite les possibilités d'économies d'échelle sur le MCO des matériels (*e.g.* Tigre, NH90, FREMM).

Conclusion de la section 2

Le coût du MCO a globalement évolué à la hausse sur la décennie 2000 (Cour des Comptes 2013). Ce phénomène se poursuit puisqu'en 2010 la Cour des comptes estimait une hausse moyenne de 8,7 % du coût global du MCO entre 2010 et 2014.

Pour expliquer cette croissance des coûts, nous avons présenté des facteurs explicatifs qui se décomposent principalement en « facteurs liés au cycle de vie » et des « facteurs générationnels ». Nous y rajoutons des facteurs spécifiques aux armées ainsi que d'autres facteurs, parfois transitoires, comme les effets collatéraux des réformes ou les changements organisationnels. Dans les facteurs « cycle de vie », le vieillissement et les sollicitations apparaissent comme déterminants dans l'évolution du coût du MCO. Le coût du MCO suit alors une évolution de type «courbe en baignoire » en fonction du temps.

Figure 70 Coût de soutien d'un matériel en fonction du temps



La courbe ci-dessus est inspirée de la « courbe en baignoire », « *image d'Epinal de la fiabilité* » (Bufferne, 2007, p. 42), qui retrace le taux de fiabilité d'un matériel (*e.g.* composant, véhicule) en fonction du temps. Ce modèle très simplifié d'évolution des

coûts se décompose en trois phases. Durant la phase A (phase infantile), le matériel est encore peu connu avec une fiabilité difficilement probabilisable. L'allocation optimale des ressources est plus difficile et le niveau de coût initial est élevé, mais décroît au fur et à mesure que le matériel est utilisé. Cette période s'accompagne d'un coût de soutien important lié à la mise en place de l'ensemble des moyens de soutien, de la formation des personnels et de l'acquisition de l'expérience indispensable à l'amélioration de la productivité de la maintenance. Globalement, sur cette période, le coût de soutien initialement élevé décroît jusqu'à atteindre un niveau correspondant à la maturité, à partir d'un volume d'activité suffisant.

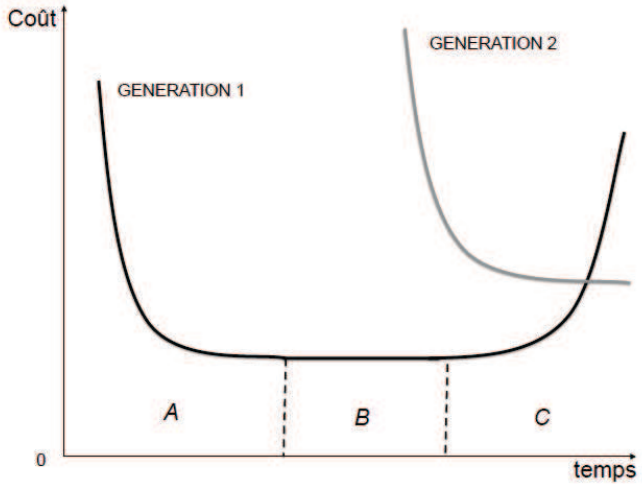
Une seconde période dite de « maturité » est marquée par des coûts de soutien stabilisés (Phase B ou « phase de vie utile »). Durant cette deuxième phase, la fiabilité du matériel est éprouvée, le taux d'avarie est constant et les pannes surviennent de façon aléatoire. Durant cette période, le coût est relativement constant dans le temps et les effets d'apprentissages se font sentir dans l'entretien.

Une dernière période dite de « fin de vie » est celle où l'âge du matériel nécessite des efforts supplémentaires de maintenance pour faire face à des pannes plus fréquentes, à des obsolescences ou des phénomènes d'usure (Phase C ou « phase de vieillissement »). Cette phase se traduit généralement par des coûts de soutien croissants. Le MCO du matériel est plus coûteux pour de nombreuses raisons (*e.g.* obsolescence des pièces, accroissement des besoins en main d'œuvre). Les coûts de MCO y sont difficilement compensés par les économies d'échelle dues au volume de matériel ou une meilleure productivité (liée à une meilleure connaissance du matériel par exemple). C'est tout particulièrement dans cette période que la maintenance préventive est la plus efficace (Bufferne, 2007, p. 42).

Bien entendu, ces « phases » sont très schématiques et bien d'autres facteurs perturbent ce modèle, notamment en changeant la pente de la courbe selon les phases. Par exemple, on considère généralement que c'est dans la phase A que les matériels expérimentent le plus d'économies d'échelle. Mais cette recherche d'économies d'échelle peut être obérée par un facteur spécifique aux matériels militaires : la livraison au « compte-goutte ». En effet, du fait de leur coût élevé, ces matériels se caractérisent généralement par de petites séries délivrées ponctuellement. Cette caractéristique a des conséquences sur l'importance des économies d'échelle au tout départ du cycle, autrement dit, la fréquence de livraison des matériels influence la pente de la courbe dans la partie A (la pente de la courbe peut être plus faible et les coûts se réduisent moins rapidement). De plus les nouvelles séries

incorporent du « progrès technique », lequel fait que deux matériels d'une même génération seront similaires, mais pas identiques. De manière symétrique, en fin de vie (période C), une sollicitation excessive des matériels aura probablement un effet sur la pente de la courbe, ce qui fera que les coûts augmenteront plus rapidement. De façon générale, la sollicitation excessive des matériel tend à augmenter le coût de soutien, et ce quelle que soit la phase considérée.

Figure 71 Coût de soutien de deux générations de matériels en fonction du temps



Le graphique précédent reprend les idées exposées ci-dessus sur l'évolution des coûts du MCO, mais en y ajoutant un effet lié au passage d'une génération de matériels à une autre. Cet « effet de génération » est du à l'évolution des technologies de défense qui tendent à accroitre les besoins en infrastructures spécifiques et en main d'œuvre spécialisée.

Section 3 : L'amélioration de la gestion du MCO

Nous nous interrogeons maintenant sur les outils mobilisés à ce jour afin d'améliorer le MCO des matériels de défense, c'est-à-dire améliorer la disponibilité et/ou réduire les coûts. Pour améliorer la disponibilité et maîtriser les dérives de coûts, plusieurs pistes ont été suivies. Certaines mesures semblent avoir fonctionné puisque les indicateurs de disponibilité mais aussi d'activité sont remontés sur la décennie[172]. L'amélioration du soutien s'est faite prioritairement *via* deux canaux. D'abord en augmentant les ressources allouées au MCO. Ensuite en réorganisant les processus de maintenance, ce qui a contribué à améliorer la productivité avec un effet sur la disponibilité. Cependant, malgré les progrès enregistrés, la situation reste fragile et « *le taux de disponibilité des matériels demeure inférieur dans certains cas aux exigences des contrats opérationnels* » (Cour des Comptes 2012, p.64)

Nous présentons trois grandes catégories d'outils mobilisés par les pouvoirs publics pour améliorer le MCO. Nous présentons d'abord l'instrument budgétaire. Ensuite nous détaillons les nouveaux modes de gestion à travers la notion de coût global de possession des matériels. Enfin, nous nous intéressons succinctement à la création des structures de maintenance spécialisées « par milieu », au cœur des réformes des années 2000 dans le MCO.

3.1 Les ressources budgétaires

a) Les causes de « l'encoche budgétaire » sur la LPM 1997-2002

Le problème de la disponibilité des matériels a une dimension budgétaire, déjà mentionnée dans le rapport Boyer (1995, p. 34). À la fin des années 1990[173], les crédits de MCO, ont été une variable d'ajustement dans le budget des armées (Meyer 2002, p.19). « *La réduction des crédits d'EPM a contribué, même s'il ne s'agit pas du facteur principal, à la dégradation de la disponibilité technique opérationnelle des équipements* » (Vinçon, 2002b, p. 22). Cette baisse des ressources a affecté la disponibilité des matériels.

Au cours de l'exécution de la LPM 1997-2002, les crédits d'EPM ont progressivement été transférés du titre III au titre V du budget (nomenclature de l'ordonnance de 1959). Ce

[172] Les indicateurs d'activité sont publiés dans les PAP. Ils évaluent l'activité des différentes « branches » des armées. Par exemple, les PAP présentent le nombre de jours de mer par an effectués par la flotte navale par rapport aux standards requis dans la LPM et le Livre Blanc.

[173] Dans un rapport annuel de 1999, la Cour des Comptes fait le constat suivant « *Diminution du flux de ressources annuellement consacrées aux études, à l'EPM et aux infrastructures* » (Cour des Comptes 1999, p.62).

transfert était logique dans la mesure où certaines dépenses de MCO s'apparentent plus à des dépenses d'investissement (Titre V) que de fonctionnement (Titre III). Mais, les dotations ont alors subi les annulations et reports de crédits portant sur les moyens d'investissement.

En effet, entre 1997 et 2000, les dépenses d'équipement pour l'achat de matériels neufs ont été privilégiées par rapport aux crédits de maintenance. Sur cette période les crédits de paiement disponibles pour le MCO des matériels et relevant du titre V ont subi une baisse en euros constants de 7,3 % (Cour des Comptes 2004). Ces annulations et reports affectant la maintenance ont été estimés à l'équivalent d'une annuité de titre V (soit 13 milliards d'euros) (Michèle Alliot-Marie, Ministre de la Défense *in* Meyer 2002, p.6). Cet arbitrage entre crédits d'EPM et crédits de renouvellement d'équipement au sein du titre V (sous la double contrainte d'un titre III et d'un titre II en progression du fait de la professionnalisation des armées et d'une réduction de l'effort de défense)[174] a été appelé « l'encoche budgétaire »[175].

Les réductions de crédits ont eu des conséquences importantes sur la disponibilité, en affectant notamment les commandes de pièces de rechange, lesquelles conditionnent la remise en état des matériels dans les meilleurs délais. Une réduction des budgets entraîne des prises de risques supplémentaires pour certaines pièces, donc d'une plus grande sensibilité aux aléas, ce qui *in fine* affecte la disponibilité.

Globalement, à la fin des années 1990 – début des années 2000, la réduction des crédits d'EPM a provoqué une baisse des commandes de pièces de rechange dans les trois armées. Dans le MCO naval par exemple, les coupes budgétaires conduisent à réduire les provisions financières de certains contrats d'entretien ou à diminuer les stocks de pièces de rechange (Le Bris, 2012, p. 14). La réduction des crédits de pièces de rechange peut aussi allonger considérablement les délais de réparation (certaines pièces ne sont pas disponibles immédiatement en raison de leur coût élevé). Dans la marine, en 2002, on estimait que près de 35 % des indisponibilités non programmées des bâtiments de la marine étaient dues à une défaillance de la gestion des pièces de rechange (Meyer 2002).

Le déficit de crédit en pièces de rechange affecte la disponibilité, ce qui à moyen terme affecte la formation ou l'entraînement des militaires. Dans l'armée de l'air par exemple, le niveau des rechanges a récemment conduit à réduire par anticipation l'allocation en heures

[174] En particulier, la professionnalisation des armées a eu comme conséquences une nette augmentation des dépenses du titre III consacré aux dépenses de « fonctionnement» et du titre II consacré aux RCS (Rémunérations et Charges Sociales).

[175] Cette « encoche budgétaire » est bien visible dans la graphique présentant l'évolution des crédits EPM dans la section 1 de ce chapitre.

de vol en 2012 (Eckert & Launay 2012, p.35). Le constat est alors sans appel : « *l'insuffisante activité des équipages de chasse est due au manque de disponibilité des matériels* » (Eckert & Launay 2012, p.36). Le même phénomène est observable dans le transport aérien.

La gestion des pièces de rechange affectées par des réductions budgétaires a également des effets en chaîne. Dans l'armée de l'air à nouveau, l'absence de crédits entre 1995 et 1997 a empêché le renouvellement de certaines pièces de rechange. Les « effets d'inertie » de cette pénurie ont perduré jusqu'en 2002.

b) L'évolution des crédits de maintenance « par milieu » dans les années 2000

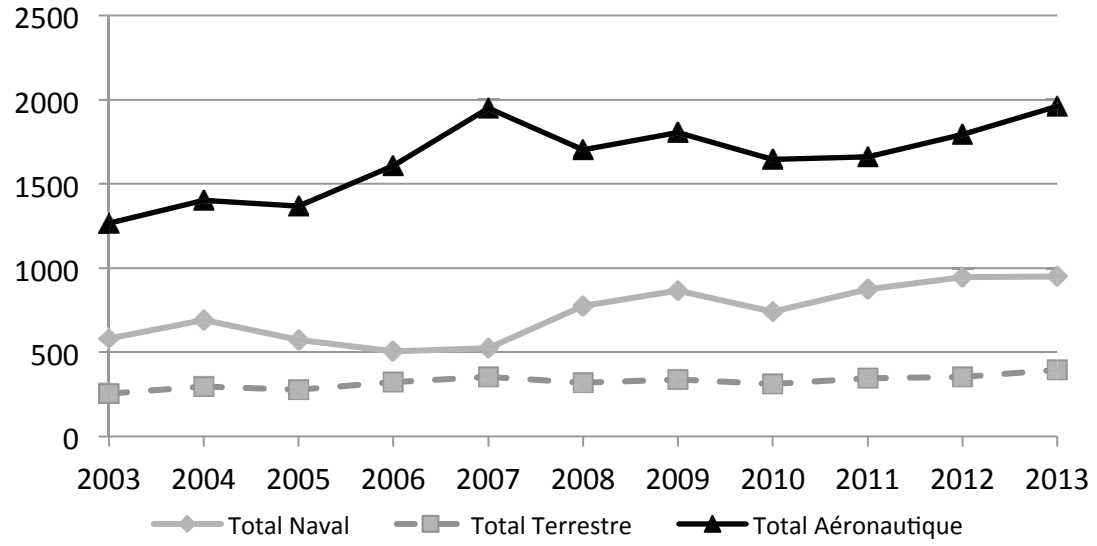
Si l'absence de ressource tend à réduire la disponibilité, il est logiquement possible d'améliorer la disponibilité des matériels en allouant davantage de moyens financiers au MCO. L'augmentation des crédits permet de relâcher la contrainte budgétaire, même lorsque les coûts augmentent, du moins à court terme. La plupart des rapports publics consultés attestent du fait que l'accroissement des ressources consacrées à l'EPM sur la LPM 2003-2008 a contribué à accompagner la hausse des coûts de MCO en limitant l'impact sur la disponibilité.

Nous avons vu dans la première section de ce chapitre les tendances globales à la hausse des crédits d'EPM sur la décennie 2000 et en particulier dans la seconde moitié de la décennie. Examinons maintenant l'évolution des crédits d'EPM « par milieu » (nucléaire inclus), sur la période 2003-2013[176]. La lecture « par milieu » permet de mieux suivre l'évolution des crédits selon les spécificités des matériels.

Sur le graphique suivant, les crédits EPM « Total aéronautique » englobent les crédits EPM de l'ALAT, des matériels aéronautiques de la marine et des matériels de l'armée de l'air (classiques et nucléaires). Les crédits EPM « Total terrestre » englobent les crédits EPM dédiés aux matériels tactiques terrestres. Enfin, les crédits EPM « Total naval » englobent les crédits dédiés à l'entretien des matériels navals classiques et nucléaires.

[176] Cette période 2003-2013 est la seule période pour laquelle nous disposons de données précises, fournies par l'Observatoire Économique de la Défense, sur requête spéciale

Figure 72 Crédits d'EPM (CP-LFI), par « milieu », en millions d'euros courants (2003-2013)



Source : Construction de l'auteur d'après OED (2010)

Les matériels aéronautiques consomment le plus de crédits. Ils sont suivis des matériels navals puis terrestres. Les milieux aéronautique et naval se sont vus accorder des hausses de crédits significatives à des périodes différentes (avant 2007 pour les matériels aéronautiques et après 2007 pour les matériels navals). Les crédits du milieu terrestre sont en légère hausse sur l'ensemble de la période 2003-2012. Examinons ces évolutions de façon un peu plus détaillée :

* Les crédits des **matériels aéronautiques** représentaient 60 % du total des crédits d'EPM en 2003 contre 59 % en 2013. Leur part dans l'ensemble des crédits reste stable sur la période.

Entre 2001 et 2002, les rapports font état d'une augmentation de 16 % des crédits d'EPM (en autorisations d'engagement) (Pintat, 2001, p. 46). L'augmentation se poursuit et nos données montrent que la progression des crédits aéronautiques est particulièrement marquée entre 2003 et 2007, période qui correspond notamment à l'entrée progressive en service du Rafale. Les crédits diminuent entre 2007 et 2010 et tendent à augmenter de nouveau depuis 2010. En 2013, ils atteignent presque les 2 milliards d'euros contre 1,267 milliards d'euros en 2003 (augmentation de près de 60 % sur 10 ans). Entre 2012 et 2013, pour les seules forces aériennes, les crédits d'EPM augmentent de 24 % en autorisations d'engagement et de 6,6 % en crédits de paiement. La forte croissance des autorisations d'engagement résulte notamment des contrats pluriannuels du Rafale (Eckert & Launay 2012, p.18).

* Les **matériels navals** consommaient 28 % des crédits d'EPM en 2003 contre 29 % en 2012, avec un minimum en 2007 où leur part relative représentait 19 % du total des crédits d'EPM.

Dans le MCO naval, les marges de manœuvre budgétaires sont très limitées car la majeure partie des crédits est consacrée aux bâtiments nucléaires. En 2012, la flotte « nucléaire » (le porte-avions nucléaire Charles de Gaulle, les six SNA et les quatre SNLE) consommait près de 60 % des ressources allouées au MCO naval (Le Bris, 2012, p. 14). Toutes les coupes budgétaires dans le MCO sont alors imputées sur les 40 % de crédits restants, qui concernent le reste de la flotte de surface.

Dans le MCO naval, après une baisse entre 2004 et 2007, les crédits sont en hausse sur la période 2008-2013. Cette évolution résulte notamment de l'augmentation des notifications de contrats de soutien pluriannuels pour les flottes de frégates multimissions (FREMM) et de sous-marins. Entre 2010 et 2013, les crédits dédiés à l'entretien programmé des seuls matériels navals ont augmenté de 30 %. En 2013, les crédits des seuls matériels navals représentaient environ un milliard d'euros contre 0,583 milliard en 2003 (100 % d'augmentation en 10 ans). Les besoins des matériels navals devraient augmenter fortement à partir de 2016-2017, en raison du second arrêt technique majeur du porte-avions et de l'entrée en service progressive des frégates multimissions (FREMM) (Eckert & Launay 2012, p.42).

* La part des EPM des **matériels terrestres** dans l'ensemble des crédits de maintenance est stable sur la décennie 2000. En 2003, les matériels terrestres consommaient 12 % du total des crédits d'EPM contre 12 % en 2012 (Puyeo, 2012, p. 11).

Entre 2010 et 2013, les crédits EPM des matériels terrestres augmentent de 27 %. En 2013, ces crédits atteignent un niveau inégalé dans la décennie 2000 (Puyeo, 2012, p. 27). En 2013, les crédits EPM des matériels terrestres s'élèvent à 400 millions d'euros, contre 254 millions en 2003 (augmentation de 60 %). Cette évolution du besoin en crédits est liée à :

- L'entrée en service progressive des nouveaux matériels (*e.g.* VBCI, Leclerc).

- La gestion des obsolescences pour les matériels vieillissants (*e.g.* VAB, ERC 90).

- La consolidation de la politique d'emploi et de gestion des parcs (PEGP).

- La remise aux normes métropolitaines des véhicules rentrant d'Opex afin de les rendre disponibles pour être employés sur le territoire national.

Si on considère les crédits EPM de l'armée de terre (*i.e.* les crédits « total terrestre » plus les crédits aéronautique terrestres, soit environ 550 millions d'euros courants en CP-LFI), 60 % sont alloués à seulement sept régiments : les trois régiments d'hélicoptères de combat (dont le Tigre) et les quatre régiments de chars Leclerc (les 74 autres régiments des forces terrestres consomment 40 % des crédits) (Carrez & Giscard d'Estaing, 2010, p. 58).

On peut donc conclure que les crédits d'EPM ont globalement augmenté entre 2003 et 2013, pour tous les matériels. Les parts allouées aux matériels navals, aéronautiques et terrestres sont restées stables soit respectivement de 29 %, 59 % et 12 % de l'ensemble des ressources.

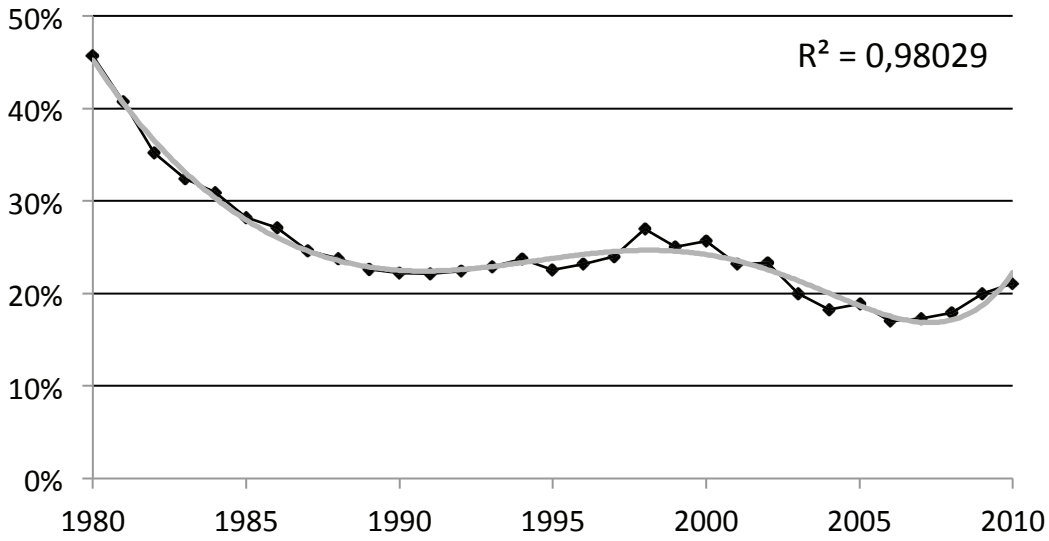
c) Le ratio EPM/dépenses d'équipement et l'IEM (Indicateur d'Effort de Maintenance)

Nos conclusions sur la « remontée des crédits » méritent d'être affinées par deux indicateurs agrégés de notre conception : le ratio crédits d'EPM/dépenses d'équipement et l'IEM (Indicateur d'Effort de Maintenance).

i) Le ratio EPM/dépenses d'équipement

Compte tenu de l'évolution des systèmes de défense et du poids croissant du MCO, le ratio crédits d'EPM/dépenses d'équipement nous semble pertinent pour examiner les ressources nécessaires à la maintenance.

Figure 73 Ratio EPM/dépenses d'équipement, AE-LFI, millions d'euros courants (1980-2009)



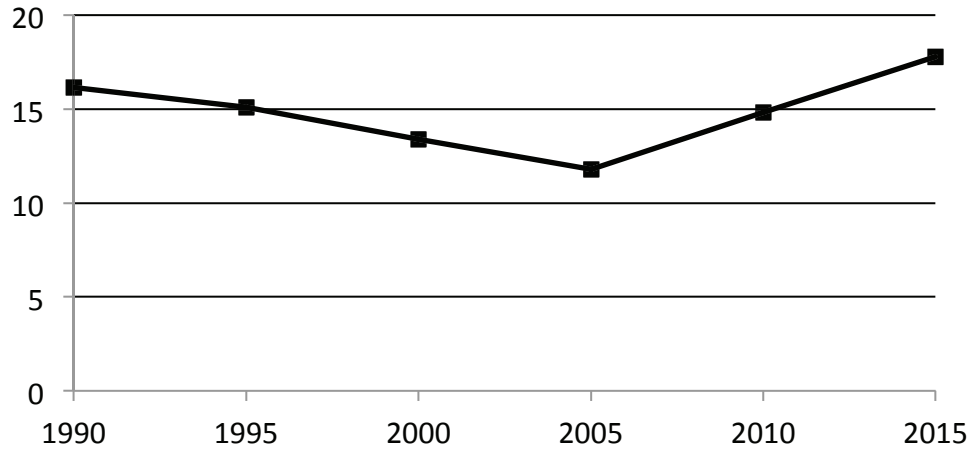
Source : Construction originale de l'auteur – d'après données OED (2010)

Dans les années 1980, ce ratio diminue fortement, signe d'un accroissement relatif plus important des dépenses d'équipement par rapport aux dépenses de maintenance. On observe une faible hausse pendant les années 1990, puis une baisse importante après 1998 et jusqu'en 2006. Cette phase correspond à « *l'encoche budgétaire* ». Depuis le milieu des années 2000, la part des dépenses de maintenance dans les dépenses d'équipement tend à augmenter, sans pour autant atteindre le niveau du début des années 2000.

ii) L'Indicateur d'Effort de Maintenance (IEM)

Ensuite, nous pouvons affiner les tendances relatives aux crédits d'EPM à l'aide d'un autre indicateur agrégé de notre conception : l'Indicateur d'Effort de Maintenance (IEM). L'IEM retrace l'évolution des crédits de maintenance (crédits EPM) rapportés au nombre de militaires[177]. Il mesure alors la dotation en crédit de maintenance par militaire.

Figure 74 IEM (en milliers d'euros courant *per capita* militaire)



Source : Construction originale de l'auteur, d'après données OED et Ministère de la Défense

L'IEM évolue à la baisse sur la décennie 1990 et atteint un minimum en 2005. La fin de la décennie 2000 est marquée par une croissance de l'IEM. Cette croissance de l'indice à l'horizon 2015 (prévision) est basée sur des anticipations de hausse des crédits plutôt basses. En considérant des anticipations de hausse plus importantes, il n'est pas impossible que l'IEM atteigne un niveau plus élevé à l'horizon 2015.

Finalement, nous retenons que l'histoire tend à montrer que les réductions de ressources ont partiellement été responsables de la crise de disponibilité de la fin des années

[177] Les personnels civils sont donc exclus du calcul de ce ratio ainsi que les personnels de la gendarmerie.

1990 - début des années 2000. L'« encoche budgétaire » de la fin des années 1990 a notamment obligé à renoncer à des opérations de MCO en les décalant dans le temps. Ceci a entraîné, avec un décalage de quelques années, un fléchissement de la disponibilité des matériels.

La hausse des crédits a alors globalement contribué à maintenir ou à améliorer la disponibilité des matériels. Cette tendance est à nuancer, notamment pour la prise en charge des matériels vieillissants. Par exemple, concernant les avions Transall de l'armée de l'air, les rapports montrent une dégradation de leur disponibilité en dépit d'un accroissement des crédits (Kelche, 2002).

Concernant les moyens financiers consacrés au MCO, un récent rapport conjoint de l'inspection générale des finances et du contrôle général des armées les chiffre à 5,5 milliards d'euros en 2010 (Il s'agit des crédits d'EPM auxquels s'ajoutent les rémunérations et charges sociales). Le rapport prévoit une augmentation des crédits de maintenance de 8,7 % entre 2010 et 2014, plus de la moitié de ces dépenses étant liées à la maintenance des matériels aéronautiques (Cour des Comptes 2012, p.62).

L'effort de vigilance sur les crédits de MCO peut permettre d'éviter les risques de rupture capacitaire. En effet, il faut savoir qu'un accroissement des dépenses n'a de réels effets sur la disponibilité que deux ou trois ans plus tard (Bombeau, 2008b, p. 54). En matière de relation crédits de maintenance/ disponibilité, le *fine tuning* est alors plus que de mise compte tenu : des besoins croissants en MCO des matériels modernes, du coût de cette maintenance, mais aussi de la forte sollicitation récente des matériels (*e.g.* Afghanistan, Libye, Mali). Les ressources budgétaires du MCO sont à surveiller à la lumière des facteurs susmentionnés, ceci pour éviter une nouvelle crise de la disponibilité.

Les tendances en termes de crédits de maintenance sont plutôt en hausse. Cependant, la plupart des rapports publics soulignent bien que ce n'est pas le seul accroissement des ressources consacrées à l'EPM qui aurait permis d'améliorer la situation dans le MCO, mais bien l'accroissement des crédits combiné avec une rationalisation du processus industriel du MCO. Cette rationalisation a fait l'objet d'importantes réformes. Dans ce qui suit, nous présentons les principaux éléments de ce processus de rationalisation dans le MCO.

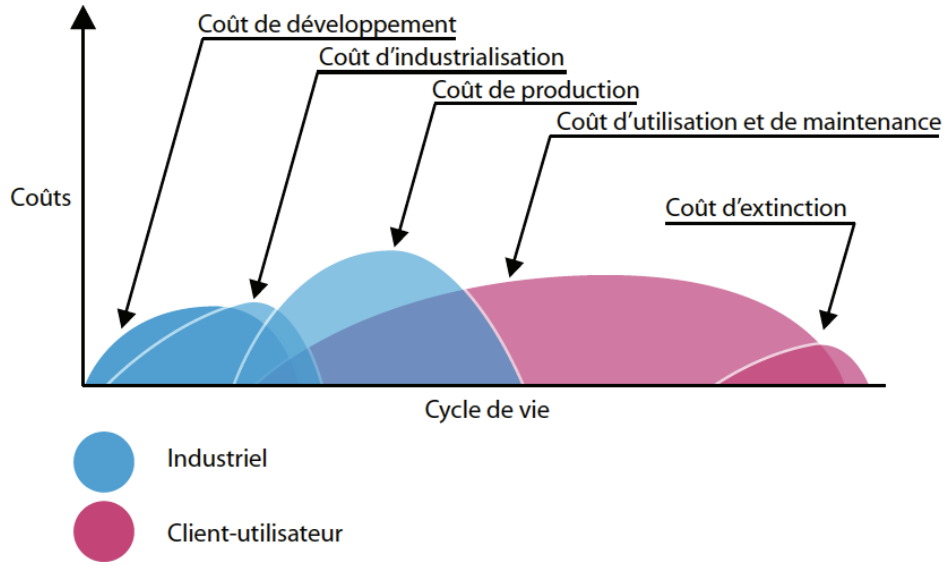
3.2 Coût Global de Possession des matériels (CGP) et Soutien Logistique Intégré (SLI)

a) Le Coût Global de Possession

L'approche en termes de coût global de possession (CGP) d'un matériel militaire est introduite aux États-Unis dès les années 1970 sous la dénomination *Whole Life Cost*. Le CGP est la somme de l'ensemble des coûts de possession d'un matériel. Le CGP incorpore donc le coût du soutien du système de défense et ne se limite pas aux dépenses engagées pour acquérir le matériel considéré. Il s'agit de regrouper l'ensemble des coûts générés pendant la durée de vie d'un système[178].

Le CGP comprend généralement : les coûts d'acquisition (coûts d'étude et de R&D, d'investissement, de mise en service, de pilotage du projet) et les coûts de possession liés à l'exploitation des matériels (carburant, maintenance préventive et curative, soutien logistique, coûts des infrastructures et autres coûts indirects). Très souvent, un CGP comprend aussi les coûts de retrait de service et de démantèlement. L'ensemble de ces coûts peut éventuellement être contrebalancé par la valeur résiduelle de l'équipement.

Figure 75 Coût Global et cycle de vie d'un équipement



Source : Tassinari (1981)

[178] Le CGP est defini par le National Accounting Office comme étant "*the total resource required to assemble, equip, sustain, operate, and dispose of a specified military capability at agreed levels of readiness, performance and safety* "(NAO 2005, p.44).

Pour la plupart des systèmes de défense, les coûts d'utilisation (exploitation et soutien) représentent une part importante du CGP avec un rapport coût d'utilisation/coût d'acquisition généralement proche de 2/3 – 1/3 (Kirat & Bayon 2004, p.7). Ce rapport varie selon les types de matériels et les modes de calculs des coûts. En France, des estimations sont faites pour certains matériels majeurs.

Dans le naval, pour le porte-avions nucléaire Charles de Gaulle, le coût d'acquisition était estimé à 16,812 milliards de Francs avec un coût d'utilisation de 15,571 milliards de francs (soit près de 50 % du coût de possession sans prise en compte des coûts de démantèlement), pour une durée de vie de 35 ans (CPRFA 1997, p.9). Pour les Bâtiments de Projection et de Commandement (BPC) à la durée de vie d'environ 30 ans, le coût global est estimé à 1,363 milliards d'euros (deux unités en service) avec un coût d'acquisition de l'ordre de 638 millions d'euros et un coût de fonctionnement incluant un MCO d'environ 725 millions d'euros (CPRFA 2006, p.9).

Dans l'aéronautique, le coût de possession des Mirage 2000 était estimé à 50 % pour le coût d'acquisition et 50 % pour le coût de fonctionnement (MCO et carburant) (CPRFA 2003, p.4). Pour les avions Awacs, le CGP était estimé à 6,210 milliards d'euros pour une durée de vie estimée à 50 ans (CPRFA 2006, p.10). Sur l'ensemble du programme, les coûts de fonctionnement sont estimés à près de 1,390 milliards d'euros, les coûts d'acquisition à 1,130 milliards d'euros et le MCO à 2,5 milliards d'euros. Le coût moyen annuel de possession par appareil est estimé à 125 millions d'euros dont 50 millions d'euros au titre du MCO (40 % du coût annuel de possession) (CPRFA 2006, p.10).

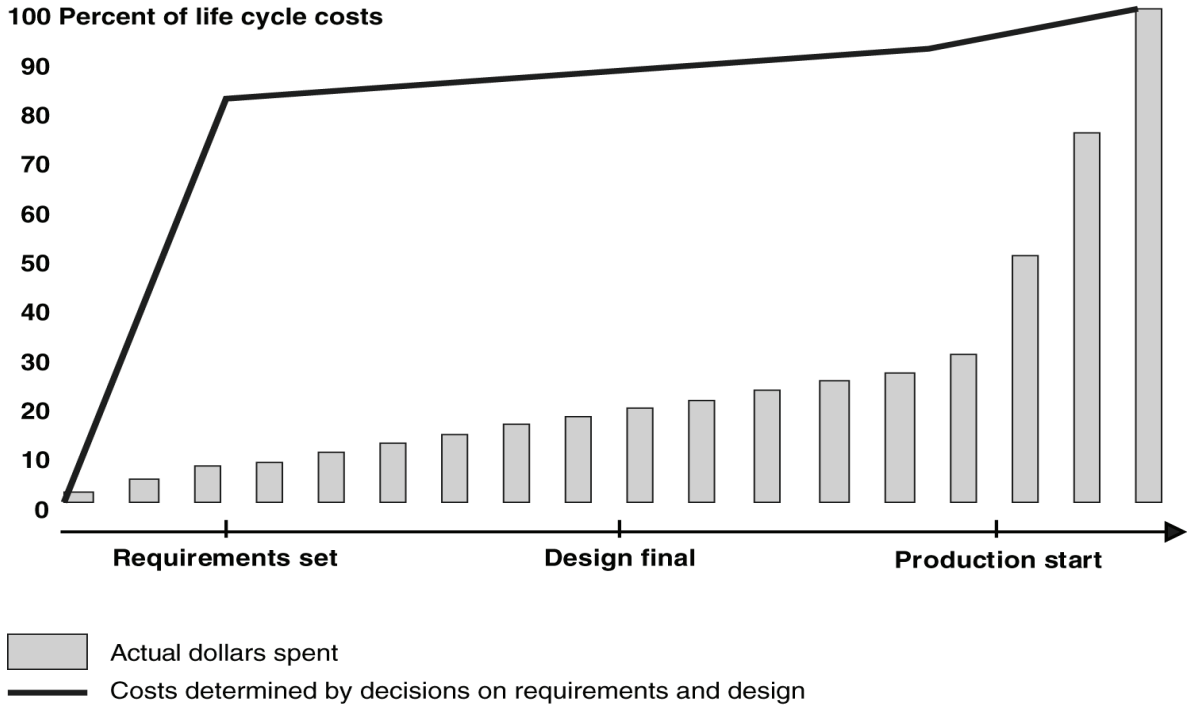
Dans le domaine terrestre, le coût du soutien du char Leclerc est estimé à 70 % du coût total de possession du char (CPRFA 2002). Le coût du programme VBCI, véhicule blindé léger, est estimé à 2,45 milliards d'euros[179]. Le coût de possession de ce blindé se décompose comme suit : coût d'acquisition (33 %), coût du MCO et des modernisations durant la période d'utilisation (57 %) (CPRFA 2002, p.8).

Le CGP est devenu un outil d'optimisation des coûts. Différentes institutions traitant des questions financières associées à la défense (*e.g.* CPRFA en France, MoD au Royaume-Uni et GAO au États-Unis) mentionnent depuis de nombreuses années l'intérêt de cet outil pour mieux analyser le coût des systèmes de défense. Cet outil est intéressant car bon nombre de coûts liés à la possession d'un matériel sont déterminés très en amont de son cycle de vie.

[179] Auxquels il convient théoriquement de rajouter un montant de 14 millions d'euros dépensés par la DGA au titre de la faisabilité (CPRFA 2002, p.8).

Sur le graphique suivant, l'axe des ordonnées représente le coût et l'axe des abscisses le temps.

Figure 76 Pourcentage des coûts à différents moments du processus d'acquisition d'un matériel de défense



Source : GAO (2003, p.15)

En général, près de 90-95 % des coûts d'un programme d'armement sont structurés dans les 5-10 premiers pourcentages de l'état d'avancement d'un programme. Une grande partie des coûts de possession d'un matériel sont donc structurés dès les phases amont des programmes.

La conception en CGP cherche donc à anticiper et à agir sur tous les postes générateurs de coûts. Par exemple, pour les deux futurs porte-avions britanniques, la *RAND corporation* identifie le MCO comme l'un des principaux « *in-service cost drivers* » (RAND 2005). Les recommandations consistent à essayer de réduire le nombre et la complexité des systèmes et de sélectionner des équipements ne nécessitant que peu de maintenance (sans nuire à la fiabilité ni aux performances des matériels).

Le CGP permet également au décideur public de disposer d'éléments pour planifier des besoins financiers relevant de plusieurs postes budgétaires (*e.g.* développement, acquisition, maintenance et démantèlement) pour les inscrire en programmation. Sa construction permet notamment d'informer le décideur public de l'importance des coûts liés à la maintenance, de mieux estimer ces coûts et parfois de « sanctuariser » les dépenses de

MCO. L'intégration des coûts de MCO dès l'acquisition des matériels est un moyen d'empêcher de faire jouer un rôle de variable d'ajustement aux dépenses de maintenance, ce qui contribue *in fine* à éviter d'obérer la disponibilité.

Une approche en CGP permet aussi d'éclairer le décideur public sur l'opportunité de réaliser un système nouveau en contribuant au choix entre plusieurs solutions (*e.g.* développement domestique ou achat « sur étagère »).

Il peut aussi servir d'outil d'aide à la décision lors du passage d'une génération de matériels à une autre. Par exemple, il peut permettre de lancer des acquisitions lorsque les coûts de maintenance deviennent trop importants sur des appareils anciens.

b) Soutien Logistique Intégré (SLI)

La recherche permanente d'une optimisation des coûts de soutien au long du cycle de vie des matériels a conduit les utilisateurs à instaurer une démarche systématique d'optimisation de la maintenance, elle-même indissociable de l'approche en termes de Coût Global de Possession (CGP). Le MCO est pensé très en amont dans une approche qualifiée de soutien logistique intégré (SLI)[180].

Par SLI, nous entendons un ensemble de méthodes d'anticipation des contraintes du soutien opérationnel dans le but de les intégrer dès la phase de développement (*e.g.* anticipation de la logistique des pièces de rechange). Cette approche, qui commence dès le stade du développement (en s'appuyant sur les compétences et les expériences des constructeurs, utilisateurs et réparateurs), est basée sur des méthodes d'analyse visant à appréhender de manière exhaustive les potentielles défaillances des matériels et leur criticité.

Cette nouvelle approche du MCO peut être illustrée. Par exemple, le VBCI (Véhicule Blindé de Combat et d'Infanterie) ou le Caesar (Camion Equipé d'un Système d'Artillerie) n'ont pas seulement été développés pour être robustes ou tirer juste, mais aussi pour être faciles à entretenir sur le terrain. La démarche SLI va jouer sur le placement des équipements ou sur le positionnement des trappes d'accès. Pour les aéronefs modernes, la plupart des trappes de service sont éliminées au profit de trappes naturellement ouvertes lorsque l'avion est au sol (*e.g.* sur le F35 américain, l'accès à la vidange ou au réservoir se fait par les trappes du train principal) (Julian 2010c, p.40)).

[180] La littérature anglo-saxonne parle parfois d'ISS ou *In service support*. Dans ce qui suit, nous considérons comme synonymes ISS et SLI. D'ailleurs les deux concepts traduisent l'idée de service accompagnant l'utilisation de systèmes de défense. Ces services peuvent être externalisés ou non.

Sur le Rafale, la présence d'une échelle incorporée à l'avion contribue à simplifier la maintenance (par rapport à d'autres appareils de génération plus ancienne qui nécessitent l'apport d'une échelle sur le site de maintenance). L'appareil bénéficie en outre d'un système amélioré d'autotest des pannes qui simplifie le rôle du mécanicien. Sur l'hélicoptère EC135, on relève un regroupement des composants électroniques épars sur les anciennes versions. Les composants électroniques y sont regroupés en trois zones facilement accessibles depuis le dessous de l'appareil (Foucault 2012, p.37).

Dans le secteur naval, affecté par les réductions d'équipage et où une partie de la maintenance a lieu à bord, on relève aussi une optimisation des tâches et de leur organisation dès la conception des matériels. Le but est de favoriser le développement des matériels économes en main d'œuvre en limitant notamment les tâches de nettoyage et d'entretien (*e.g.* locaux plus larges et sans recoins, parois lisses et coursives permettant l'emploi de machines de nettoyage industrielles) (Dock & Garié, 2002, p. 95). Cette tendance est particulièrement notable pour les navires les plus récents (Fréville 2005, p.38).

Le SLI permet d'abord d'établir le Programme Initial d'Entretien (PIE), c'est-à-dire un ensemble d'opérations d'entretien préventif, d'inspections, de surveillance de comportement et d'entretien selon l'état, ainsi que leurs échéances respectives. Ensuite, les résultats des études de comportement et de vieillissement, complétés des défaillances et des anomalies découvertes en service ou au cours des visites d'entretiens programmées, conduisent à ajuster la nature, le contenu et les périodicités des opérations du PIE tout au long de l'utilisation des matériels. La remise en cause permanente du programme d'entretien concerne tous les niveaux et tous les acteurs de la maintenance et, en particulier, le niveau industriel qui joue un rôle moteur dans ce processus, en association avec les utilisateurs.

La démarche SLI s'accompagne d'une modification profonde des rapports entre les industriels et l'État. Ce dernier passe de plus en plus de marchés avec les industriels (externalisation). L'externalisation accompagne l'ISS (*In Service Support*) au long du cycle de vie des matériels, en particulier pour les matériels modernes.

Le MCO s'organise de plus en plus en contrats globaux avec un ensemble de service accompagnant un matériel au long de son cycle de vie. Cette logique, dite de « produit-service » s'inscrit dans une optique de CGP et implique pour l'État la recherche de titulaires assurant la maîtrise d'œuvre d'ensemble du MCO. Ces contrats globaux permettent de générer des économies d'échelle pour l'industriel comme pour l'État. Généralement, ils entraînent une

réduction du nombre de contrats (regroupement de matériels homogènes avec des durées variables selon les matériels). Ces contrats sont très fréquemment basés sur des objectifs de résultats – disponibilité fixée *ex ante* dans les termes du contrat – et l'ouverture à la concurrence quand les conditions le permettent.

Dans le MCO naval, un des premiers contrats globaux signé entre l'armée et un partenaire industriel fut le contrat global d'entretien de la flotte des SNA. Ce contrat remplaça dix contrats. Dans ce contrat, DCNS a pris en charge l'intégralité de l'entretien des bâtiments pendant une durée de trois ans, tout en étant rémunéré sur la base de leur taux de disponibilité (Meunier, 2003). Dans le MCO terrestre, la DCMAT (Direction Centrale des Matériels de l'Armée de Terre) a conclu en 2006 un contrat pluriannuel avec la société Panhard, portant sur la maintenance de plus de 10 000 véhicules (dont des chars Sagaie, des véhicules blindés légers et des jeeps). L'armée de l'air a aussi recourt à des contrats globaux pour l'entretien de nombre de ses aéronefs (*e.g.* Falcon 50, A 310, Awacs). En outre, elle a passé en 2004 un contrat novateur avec la société INEO. Ce contrat, dénommé ORRMA[181], est un contrat unique pour la fourniture des pièces de rechange. Il prévoit des obligations de résultats, associées à des pénalités en cas de non-respect.

Aujourd'hui, la plupart des industriels de défense mettent en place des démarches d'ISS et de SLI autour de leurs produits, souvent en partenariats avec les armées et la DGA. Cette tendance accroît l'implication du prestataire industriel dans les processus de maintenance des matériels. L'ISS tend ainsi à devenir la norme en MCO. Ceci se traduit concrètement par la « *vente de services autours de produits* » (Furrer, 1997) et la « *vente de systèmes* » (Mattson, 1973) et de « *solutions intégrées* » (Brady & Davies, 2005) permettant aux industriels de « *descendre dans la chaîne de la création de valeur* » (Wise & Baumgartner 1999) et d'accroitre la différenciation des produits. Cette différentiation permet aux industriels de créer et d'entretenir des rentes de situation autour de matériels dont ils assurent la conception, la fabrication et l'entretien (*cf.* Ravix e*t al.* (2005, p. 87) pour une illustration dans le naval).

De manière générale, la logique de service est de plus en plus présente dans le MCO des matériels de défense. L'industriel Thalès a mis sur pied une division « Services » dont la vocation est de vendre des prestations multi-techniques mariant le management, l'informatique et l'ingénierie. Dans le contrat de MCO du Rafale, Dassault, s'engage à envoyer du personnel sur le terrain. Plus de 150 salariés y contribuent par la mise à jour des

[181] ORRMA : Optimisation du Réapprovisionnement des Rechanges consommables des Matériels Aéronautiques

documentations, la fourniture de bancs d'essais ou de simulateurs. Chez l'industriel Safran, des salariés de Snecma, localisés sur la base de Landivisiau, préparent des modules du moteur du Rafale pour l'expédition vers les ateliers de maintenance (AIA de Bordeaux, Snecma Châtellerault et Sagem Massy). Avec de tel méthodes, les gains de productivité et la réactivité peuvent être conséquents. Par exemple, avec la nouvelle procédure instaurée sur l'acheminement des matériels, un matériel traité le matin est en général récupéré l'après-midi et réceptionné sous 24 heures sur le site de maintenance. Avec l'ancienne procédure, 10 à 15 jours pouvaient être nécessaires (Remy, 2013, p. 3).

Dans le MCO terrestre, Nexter fonctionne de la même façon, avec des contrats à l'heure/moteur pour le char Leclerc et le VBCI. À titre d'exemple, un contrat récemment conclu avec Nexter donne à l'industriel la responsabilité de fournir en permanence 17 chars Leclerc disponibles aux unités s'entraînant sur le camp militaire de Canjuers. L'État confie à l'industriel un parc de 36 chars dont il assure l'entretien courant et les grandes visites. À nouveau dans le MCO terrestre, le tout récent marché NUMTACT confie à l'industriel la gestion de la totalité des stocks de rechanges. Le contrat introduit une nouvelle organisation du MCO basée sur un soutien forfaitaire constructeur à obligation de résultat (disponibilité du parc). Les matériels sont échangés en cas de panne dans un délai de cinq jours maximum.

Cette nouvelle donne en termes de prestations de services autour de l'utilisation des matériels de défense signifie aussi – du moins lorsque les prestations sont externalisées, ce qui est de plus en plus fréquent – que les industriels vont plus sur le terrain et au contact des forces qu'autrefois. Ils y traitent les pannes, gèrent les obsolescences, « déboguent » les systèmes. Ainsi, en 2008, près d'une centaine de salariés de Thalès étaient présents en Irak et en Afghanistan pour permettre aux drones Hermes 450 d'être opérationnels.

La nature du soutien apporté par les industriels aux forces armées évolue. « *Auparavant, nous avions un rôle un peu passif. C'était : « Je vends un avion et j'oublie ». Cette époque est révolue. Nous sommes beaucoup plus intégrés dans la chaîne logistique* », analyse Alain Bonny, vice-président du soutien militaire chez *Dassault Aviation* (Lecompte Boinet 2011).

Tous ces changements dans les relations contractuelles entre les industriels et l'État ont des répercussions sur la disponibilité des matériels et les coûts de MCO.

Concernant la disponibilité, même si le recul manque quelque peu sur ces « nouvelles pratiques », la remontée de la disponibilité de matériels coûteux et complexes (*e.g.* Leclerc, SNA) nous semble assez significative pour conclure à un effet positif. En revanche,

l'évaluation de leurs répercussions sur les coûts est plus délicate. Elle fait d'ailleurs l'objet de rapports de l'Assemblée Nationale en ce qui concerne les externalisations en général et plus récemment de la Cour des comptes pour le MCO. Plusieurs explications justifient l'absence de conclusion en la matière : le peu de recul sur des réformes structurelles qui ont moins de dix ans pour la plupart et surtout l'absence d'évaluation des coûts *ex ante* rend impossible toute comparaison *ex post* du coût des prestations.

3.3 La restructuration du MCO : spécialisation et approche par « milieu »

Au cours des dix dernières années, les structures administratives en charge du MCO se sont complètement réorganisées. Cette réorganisation fonctionnelle dans les armées a nécessité la création d'entités administratives spécialement dédiées à la gestion du soutien des matériels et spécialisées par grande fonction associée à un milieu.

a) Le MCO naval : le Service au Soutien de la Flotte (SSF)

Créé en 2000, le SSF assure la maîtrise d'ouvrage des activités garantissant la disponibilité technique de la flotte, puisqu'il *« définit et fait exécuter la maintenance* » du matériel naval (Décret n° 2000-585 JORF 2000, p.9776). Le SSF comprend une direction centrale à Paris, à laquelle se rattachent deux directions régionales (Toulon et Brest) et des antennes localisées à Cherbourg et outre-mer. Le SSF assure la maintenance d'environ 150 navires (Labrande, 2010). En 2012, l'effectif du SSF était de 788 agents de l'État, civils ou militaires (Cour des Comptes 2013, p.3)[182].

Le SSF est plus particulièrement en charge de l'élaboration des programmes de révision de la flotte ainsi que de l'achat des matériels et des prestations d'entretien (appels d'offres, passations de marchés publics) qui en résultent. En 2011, il négociait entre 10 et 15 marchés principaux par an et quelques 3 000 marchés pour des achats de rechanges et de prestations diverses (soit environ 850 millions d'euros de crédits de paiement en 2011) (Colombian Herrard, 2012, p. 26).

À titre d'exemple, pour une « visite longue » de SNA (IPER ou Indisponibilité Périodique pour Entretien et Réparation), qui a lieu tous les dix ans et dure environ 18 mois, le SFF doit planifier et contractualiser un million d'heures de travail comprenant des visites complètes des équipements, 200 modifications et modernisations d'équipement, un contrôle

[182] Pour mémoire, en 2003, le SSF comptait 1 500 agents de l'État en 2003. Cette baisse de 50 % des effectifs témoigne de l'importance des réformes entreprises dans la décennie 2000 et notamment dans le soutien.

complet de la coque du sous-marin et un changement de combustible dans la chaufferie (Perrier, 2012, p. 14).

Le SSF, qui achète des services de réparation et d'entretien, est à la charnière entre activité régalienne militaire et activité industrielle. Il se situe dans le champ de la maîtrise d'ouvrage. Il est le représentant expert du propriétaire, il définit les besoins, conçoit les marchés, les fait exécuter et en contrôle la mise en œuvre. Il n'exécute pas d'actions de maîtrise d'œuvre, ne coordonne pas de chantier et ne dispose pas de personnel exécutant des actions de maintenance. Le SSF est complémentaire du Service Logistique de la Marine (SLM) – anciens Ateliers Militaires de la Flotte (AMF) – qui assure un soutien d'urgence et réalise des travaux de MCO de faible ampleur.

Le SSF ventile son activité dans des équipes « projet », les ERO (Equipes Responsables d'Opérations) soutenues par des spécialistes (*e.g.* techniques, planification, budgets, marchés). On retrouve une première ERO pour le porte-avions Charles de Gaulle, une deuxième pour les bâtiments de projection/soutien et les frégates légères, une troisième pour les frégates fortement armées, une quatrième pour les petits bâtiments de la base navale et une pour les SNA (Perrier, 2012).

b) Le MCO aéronautique : la Structure Intégrée de Maintien en condition opérationnelle des Matériels Aéronautiques de la Défense (SIMMAD)

Créée en 2000, la SIMMAD est responsable de la maintenance des matériels aéronautiques de toutes les armées. Environ 1 000 agents de l'État (militaires ou civils) y travaillaient en 2012 (Cour des Comptes 2013, p.3). Souvent prise comme modèle d'organisation d'un MCO interarmées, cette structure fédère toutes les fonctions qui y concourent : expression des besoins, passation des marchés d'acquisition de pièces de rechange et de prestations de maintenance, gestion financière des crédits alloués, réalisation de la logistique amont et maîtrise d'ouvrage de la maintenance des matériels et de la distribution des pièces de rechange. Elle élabore les règles générales de MCO des matériels en fonction des besoins opérationnels, les fait appliquer, participe à la définition de la politique logistique et à sa mise en œuvre.

La SIMMAD achète des prestations d'entretien et de réparation pour les matériels aéronautiques militaires des trois armées, ce qui représente près de 1 900 aéronefs (Joubert 2011). C'est à elle qu'appartient la décision de demander soit à un industriel privé, soit au SIAé (Service industriel de l'aéronautique) de s'occuper du MCO de tel ou tel matériel

aéronautique. En 2011, le montant total des marchés passés par la SIMMAD s'élevait à 1,75 milliards d'euros (Cour des Comptes 2013, p.3). Depuis sa création, le périmètre de la SIMMAD a fortement augmenté – notamment avec la prise en compte des matériels de l'aéronavale –, les matériels de l'armée de l'air ne représentant plus que 60 % de son activité en 2013 (Fromion & Rouillard, 2013, p. 35).

À l'image des arsenaux où la séparation entre services industriels d'entretien et services commanditaires, le SIAé a été créé en 2008. Ses activités concernent les travaux de maintenance de tous les aéronefs militaires. Le SIAé dépend à 80 % des marchés passés par la SIMMAD. La majorité des travaux industriels de soutien est donc externalisée par la SIMMAD, qui réserve cependant le MCO la plus sensible au SIAé (*e.g.* MCO de la composante nucléaire aéroportée).

L'une des compétences du SIAé concerne les réparations particulièrement lourdes sur des aéronefs considérés comme irrécupérables par les constructeurs eux-mêmes et notamment ceux dont les pièces ne sont plus produites industriellement (il fabrique d'ailleurs par précaution certaines pièces de rechange génériques frappées d'obsolescence). Le SIAé a aussi des compétences en R&D et veille technologique car il effectue des activités de modification et de modernisation des appareils. En 2013, le ministère estimait à environ 40 à 50 millions d'euros par an les économies réalisées grâce à son action (Fromion & Rouillard, 2013, p. 35). Les exemples l'illustrant sont nombreux avec notamment l'optimisation du cycle de maintenance des Alphajet et l'accroissement de l'intervalle des grandes visites du Mirage 2000, du Lynx, des ATL2 et des Puma. Le rôle d'expertise du SIAé est aussi très utile dans la négociation avec des industriels en situation de monopole. Ses compétences techniques ont notamment permis de négocier à la baisse le contrat de remise en état des drones Harfang.

Les effectifs du SIAé s'élèvent à environ 5 000 personnes, dont 1 400 militaires projetables et intégrés dans différents AIAé (Ateliers Industriels de l'Aéronautique), dispersés sur le territoire métropolitain (Mandraut 2012). Le SIAé compte cinq AIAé, spécialisés en compétences et en métiers. L'atelier situé à Bordeaux (930 salariés) gère la révision et la réparation des moteurs (Atar des Mirage F1 et Super-Étendard, M53 des Mirage 2000 ou M88 du Rafale). L'AIAé de Cuers-Pierrefeu (Var) est plus spécialisé dans le MCO des cellules et des équipements de divers appareils mais aussi dans la fabrication et la réparation des radômes pour les aéronefs des trois armées. L'AIAé de Clermont-Ferrand (1 210 salariés), avec deux antennes à Toul et à Phalsbourg, assure la maintenance des cellules et équipements des aéronefs. Celui d'Ambérieu (540 salariés) est chargé de la confection, de la réparation, de

la révision, et de l'étalonnage d'équipements. Enfin, L'AIAé de Bretagne (830 salariés) est spécialisé dans le MCO des matériels des bases de Landivisiau, Lanvéoc et Lann-Bihoué.

c) Le MCO terrestre : la Structure Interarmées de Maintien en conditions opérationnelles des Matériels Terrestres (SIMMT)

Héritière des anciens arsenaux royaux et des unités réalisant le soutien de l'artillerie lors des campagnes napoléoniennes, « l'arme du matériel » approvisionnait, réparait et gérait les matériels et munitions pour l'armée de terre. Au cours des années 2000, l'armée de terre a complètement réorganisé le soutien de ses matériels, ce qui a entraîné la disparition de la Direction Centrale du Matériel (DCMAT) et de ses directions régionales. Deux nouvelles structures ont été créées en 2010 : la Structure Intégrée du Maintien en condition opérationnelle des Matériels Terrestres (SIMMT) et le Service de la Maintenance Industrielle Terrestre (SMITer).

La SIMMT comprend une direction centrale installée à Versailles et des sections techniques co-localisées avec des formations du SMITer dans les régiments. En 2012, elle comptait 798 agents de l'État (militaires ou civils) (Cour des Comptes 2013, p.3). C'est un service interarmées possédant la maitrise d'ouvrage déléguée pour le MCO des matériels terrestres (90 % de ces matériels gérés par la SIMMT sont utilisés par l'armée de terre). Ce service doit garantir la mise à disposition des matériels en service, maîtriser les coûts de MCO, assurer le maintien du potentiel des parcs pendant leur utilisation, assurer la gestion des matériels et de leur configuration et procéder à leur retrait de service.

La SIMMT négocie les contrats de maintenance avec les fournisseurs et prestataires de services. Les marchés de maintenance passés par la SIMMT consistent principalement en l'achat de pièces de rechange pour les matériels, mais aussi en achat de prestations de maintenance de matériels complexes (*e.g.* chars Leclerc, véhicules blindés de combat d'infanterie). Ce service a consommé 500 millions d'euros de crédits budgétaires en 2011 (Cour des Comptes 2013, p.3). La SIMMT se distingue par la grande diversité des matériels qu'elle est conduite à gérer. On y recense ainsi, hors hélicoptères, près de 12 000 types de matériels (contre environ 300 types de matériels pour le SFF ou 1 600 pour la SIMMAD). Une autre particularité importante de ce service est qu'il contractualise avec une forte proportion de PME-PMI (environ 300 entreprises, ce qui représente près de 15 000 emplois) (Fromion & Rouillard 2013, p.38).

Le SMITer est complémentaire de la SIMMT. C'est un service disposant de moyens industriels sur lequel s'appuie la SIMMT pour la gestion du parc. Sa création en 2010 a regroupé en un service unique les formations de l'armée de terre chargées de la maintenance. Il s'agit d'un organisme industriel étatique conçu pour répondre aux besoins de maintenance – en complément du secteur privé – et de préparation opérationnelle des matériels pour les missions. Concernant les besoins spécifiquement militaires, il s'agit de pouvoir projeter sur les théâtres d'opérations des techniciens qualifiés, qui maîtrisent les savoir-faire adaptés au contexte dans lequel ils sont engagés. Ces savoir-faire s'acquièrent et s'entretiennent en métropole.

Le SMITer assure les travaux de MCO des matériels et la distribution des pièces de rechange. Il a également en charge la préparation opérationnelle des militaires selon les théâtres pour prononcer leur aptitude à la projection. Il constitue aussi un réservoir d'expertise technique et industrielle. Le SMITer compte près de 8 000 personnels, répartis à part égale entre civils et militaires au sein d'un état-major, de six régiments et de trois bases de soutien. Son administration centrale est implantée à Versailles-Satory et il s'appuie sur les Bases de Soutien du Matériel de l'Armée de Terre (BSMAT) et les Régiments du Matériel de l'Armée de Terre (RMAT).

Aujourd'hui, la tendance est à la rationalisation de l'emploi de matériels terrestres hétérogènes et géographiquement dispersés. Aussi, la SIMMT met en œuvre la politique d'emploi et de gestion des parcs (PEGP). Cette politique de gestion mutualise les moyens entre les régiments. Elle a pour objectif de réaliser des économies et d'améliorer la disponibilité des matériels pour l'entraînement et la formation. Pour se faire, elle répartit les matériels entre différents parcs qui permettent de garantir la tenue des contrats opérationnels dans la durée et à moindre coût: parc de service permanent (PSP) et parc d'entraînement (PE), destinés à couvrir les activités et deux parcs « réservés » : le parc d'alerte (PA) et le parc de gestion (PG).

Un nouveau découpage des actes de maintenance, adapté à la PEGP et permettant de rationaliser l'emploi des maintenanciers a été proposé. Les sections de maintenance régimentaire (SMR), réalisent la maintenance de leur parc en service permanent (PSP) au plus près des forces[183]. Les régiments et bases de soutien du SMITer réalisent la maintenance du parc de gestion (PG), du parc d'alerte (PA), du parc d'entraînement (PE).

[183] SMR assure alors la maintenance curative de faible durée et le SMITer s'occupe de la maintenance préventive.

Cette réforme dans la gestion des parcs est une véritable rupture organisationnelle qui a nécessité de rompre le lien traditionnel de propriété équipage/véhicule. En effet, les matériels nécessitant une intervention longue seront remplacés à partir du PG, avant d'être remis en capacité puis mis à la disposition d'un nouvel employeur en métropole, outre-mer, à l'étranger ou en Opex. De même, les activités dépassant les capacités du PSP pourront être couvertes par un renfort provenant du PG. Enfin, les matériels en Opex et en PE bénéficieront de relèves programmées afin de garantir dans la durée, leurs capacités opérationnelles et un vieillissement équilibré du parc. Par la réduction du volume des parcs et l'optimisation de leur emploi, la PEGP devrait permettre également de limiter le coût du MCO des matériels (Chastenet, 2009).

Concernant l'effet de ces « nouvelles » structures administratives sur le MCO, nous ne pouvons aujourd'hui que nous contenter d'éléments factuels et descriptifs. Une analyse plus approfondie mériterait de poser la question de l'efficacité de ces nouvelles structures. Comme précédemment, la réponse est assez délicate et les facteurs expliquant les difficultés sont les mêmes : réformes relativement récentes, réformes ayant lieu dans une période de transition du point de vue de la nature des matériels utilisés et absence d'évaluation des coûts *ex ante*. Le fait que les facteurs explicatifs soient les mêmes n'est guère étonnant dans la mesure où toutes les réformes d'amélioration de la gouvernance et d'organisation du MCO s'appuient sur les nouvelles structures pivots que sont le SSF, la SIMMAD et la SIMMT.

Conclusion de la section 3

Tant pour améliorer la disponibilité que pour réduire les coûts, quels ont été les moyens mis en œuvre ?

En premier, lieu, la réduction des parcs de matériel, permet une amélioration mécanique du taux de disponibilité des parcs. Les matériels les plus opérationnels sont conservés tandis que les autres sont revendus ou « cannibalisés » au profit des engins restant en parc. Mais, cette amélioration est limitée et sitôt le nouveau format atteint, si des difficultés structurelles inhérentes à l'organisation du MCO existaient (*e.g.* difficultés d'approvisionnement en pièces détachées, dispersion spatiale génératrice de coût, situation de monopole, flotte vieillissante), elles se remettront à produire des effets négatifs.

En second lieu, si l'instrument budgétaire semble privilégié, il est néanmoins limité, notamment face à des difficultés d'ordre structurel. Par exemple, lorsque les matériels sont

vieillissants, l'augmentation des crédits ne garantit pas toujours une amélioration de la disponibilité. Les limites d'une approche purement budgétaire du problème s'illustrent parfaitement avec le cas des avions de transports vieillissant (C-130 et C-160) dont la disponibilité baisse en dépit de crédits de maintenance qui augmentent.

Enfin, d'autres leviers de management et de réorganisation fonctionnelle ont été mis en place pour améliorer le fonctionnement du MCO. Ces approches mobilisent des concepts comme « l'approche cycle de vie » dans la maintenance et le Soutien Logistique Intégré (SLI) ou encore l'approche « par milieu » permettant de spécialiser les services en charge du MCO selon les « terrains » auxquels sont confrontés les matériels. Malgré le peu de recul que nous avons sur ces réformes, les « nouvelles pratiques » semblent porter leurs fruits en matière d'efficacité, *i.e.* d'amélioration de la disponibilité. En revanche, le bilan sur les coûts reste plus incertain. L'absence d'évaluation des coûts *ex ante* rend impossible toute comparaison *ex post* du coût des prestations. Un suivi attentif de l'évolution future des montants des contrats de MCO passés avec les industriels et des ressources allouées aux flottes au sein de structures spécialisées – SIMMAD, SIMMT et SSF – permettra sans doute de mieux peser les améliorations de la disponibilité des matériels au regard des ressources engagées par l'État.

Conclusion du chapitre III

Malgré un accès difficile à des données fiables et pertinentes, les indicateurs de disponibilité et de coût permettent de proposer une première analyse factuelle du MCO. Ces indicateurs que nous avons choisi d'étudier fondent la relation disponibilité/coût, au cœur des débats autour du MCO.

La section 1 a montré qu'à la fin de la décennie 1990 s'est produite une forte crise de la disponibilité des matériels militaires en métropole. Résultat d'un processus remontant au début des années 1990, la réduction significative du taux de disponibilité des matériels s'est accentuée au cours des années d'exécution de la loi de programmation militaire 1997-2002 (Cour des Comptes 2004, p.7). Cette crise a déclenché une prise de conscience des conséquences potentielles liées à une moindre disponibilité des matériels. Les nombreux rapports abordant cette question au début des années 2000 en témoignent : la crise de la disponibilité a été un véritable révélateur des enjeux liés aux MCO. La restauration du niveau de disponibilité a alors constitué un enjeu prioritaire de la LPM 2003-2008. L'augmentation régulière des crédits dédiés à l'entretien des matériels dans la décennie 2000 a permis de maintenir une bonne disponibilité en Opex (PAP 2006, p.104), mais parfois au détriment de la disponibilité en métropole.

Pour une analyse complète du MCO, la section 2 a cherché à prendre en considération l'évolution des coûts. Il apparaît que ces derniers ont augmenté sur la période 1990-2010 et surtout au cours de la décennie 2000. La hausse des coûts est due à plusieurs facteurs que nous avons détaillé : facteurs cycle de vie (1), facteurs générationnels (2) et facteurs institutionnels et historiques (3). Les vieux matériels coûtent cher à utiliser, mais les plus récents également. En effet, si les matériels modernes sont plus efficaces (*e.g.* polyvalence du Rafale), ils sont aussi beaucoup plus sophistiqués (*e.g.* Rafale, Leclerc, Tigre ou FREMM), ce qui engendre un coût de MCO important, parfois difficile à anticiper.

La maitrise des coûts du MCO est alors un enjeu considérable et nécessite des réorganisations en profondeur du MCO. La section 3 a présenté quelques aspects de ces réorganisations dont l'origine remonte à la restructuration de la DCN à la fin des années 1990, à la création de la SIMMAD en 2000 ou aux premières réflexions sur le coût global de possession des systèmes.

Une armée au format réduit, plus mobile, mieux équipée…mais aussi plus coûteuse en moyenne et avec un niveau d'opérationnalité fragile, c'est globalement ce qui caractérise

l'armée française. Les prévisions concernant le futur restent assez ambigües. La LPM 2009-2014 parie sur une stabilité des coûts globaux (Dulait & Carrère 2010). Elle évoque des phénomènes de « vases communicants » entre les économies réalisées sur les effectifs et l'augmentation du coût du MCO. La LPM anticipe que, d'un côté, les coûts des matières premières et des prestations industrielles continueront à augmenter. D'un autre côté, elle prévoit que des économies seront réalisées sur les dépenses de fonctionnement et de personnel, notamment dans le soutien (les prévisions sont de l'ordre de 7 % de réduction des dépenses de fonctionnement sur le programme 178). Ces efforts d'économies peuvent être conséquents. Par exemple les ressources destinées au soutien collectif et individuel enregistrent parfois des baisses oscillant entre 23 % et 37 % (Eckert & Launay 2012, p.15)[184].

L'observation dans le temps des indicateurs relatifs aux coûts du MCO et aux économies réalisées sur la main d'œuvre permettra sans doute d'examiner le bienfondé ou non de ces prédictions. À ce jour, il est néanmoins permis de mettre en doute la réussite de cet exercice budgétaire aux nombreuses inconnues (*e.g.* estimation de la croissance exacte des coûts de MCO, besoins en MCO comportant une part d'aléatoire très variable, évolution des ressources publiques et surtout économies réelles liées aux suppressions de poste dans divers domaines du soutien[185]). Ceci nous conduit à avancer que l'instrument budgétaire ne suffira probablement pas et que les calculs de la LPM sur ces ajustements ne sont qu'une possibilité parmi d'autres dans l'amélioration de la gestion du MCO.

Plus généralement, toutes ces réorganisations de fond ont pour but la rationalisation du MCO. La rationalisation s'exerce notamment par l'amélioration de la productivité dans la maintenance et la réalisation d'économies d'échelle. Les structures de maintenance étant ancrées géographiquement, les réorganisations du MCO méritent d'être explorées de façon plus rigoureuse *via* des concepts empruntés à l'économie spatiale. Cet exercice fait l'objet du quatrième chapitre de cette thèse.

---

[184] « *La croissance des moyens dévolus à l'entraînement et à la maintenance des équipements est compensée par d'importantes économies sur le fonctionnement courant et l'entretien programmé des personnels. Les crédits alloués au soutien collectif et individuel (habillement, tenues spécifiques, tentes…) connaissent une baisse drastique, de près de 25 % (…) Les dépenses de communication, d'alimentation, de soutien des ressources humaines et de mobilité des personnels sont elles aussi réduites, de même que les crédits alloués aux équipements dits d'accompagnement, c'est-à-dire les munitions et les petits matériels de la fonction opérationnelle « génie » : les moyens prévus en la matière baissent de 24 %,* » (Eckert & Launay 2012, p.17).

[185] Concernant ce dernier point, on observe en effet que, bien que les effectifs diminuent fortement depuis 2008, les dépenses de personnel ont continué à progresser. En cause de cette hausse, il faut citer, entre autres, la revalorisation des bas salaires du ministère de la défense, la hausse de la proportion de militaires gradés, des dépenses d'indemnisation au titre du chômage et de l'amiante et des mesures d'accompagnement des restructurations (*cf.* Eckert et Launay (2012, p.48)).

Chapitre IV
La spatialisation du MCO des matériels de défense

Les économistes de la défense rêvent de « *restructurer et d'optimiser les organisations de défense en prenant en considération deux critères majeurs : l'efficacité et l'efficience* » (Struys, 2004, p. 551)[186]. Nous n'y faisons pas exception et les développements proposés dans les chapitres précédents posent selon nous les bases d'un questionnement sur l'organisation spatiale de la défense. Dans l'histoire de France, une telle réflexion remonte probablement à Vauban, ingénieur militaire et aménageur de l'espace (Dockès, 1969), mais aussi à Cormontaigne, Séré de Rivières ou aux fortificateurs de l'entre-deux-guerres.

En économie, après des décennies d'oubli relatif, voire de négation, l'espace apparaît désormais comme essentiel[187]. Il imprègne « *les décisions et les interactions jusqu'à engendrer des phénomènes économiques qu'on ne pourrait même évoquer si on n'avait pas une vue essentiellement spatiale de l'économie* » (Derycke & Huriot, 1996, p. 187). En s'appuyant sur l'économie spatiale, ce chapitre initie une démarche d'intégration de l'espace à l'analyse économique du MCO.

La sécurité est ici définie comme une production sociale[188], rendue possible par la production de défense comme bien public. Le MCO est un élément indispensable au fonctionnement des matériels, eux-mêmes indispensables à la production de défense. Dans notre cadre d'analyse, le MCO est vu comme une organisation productive délivrant un service aux armées sur un espace donné. Il faut alors y allouer un ensemble de moyens (*e.g.* techniques, financiers, humains). Cette allocation est soumise à des contraintes de nature diverse.

Parmi ces contraintes, on retrouve les coûts et la contrainte budgétaire. Pour plusieurs raisons détaillées dans le chapitre précédent, le coût de MCO tend à augmenter alors que les budgets sont fortement contraints. Par ailleurs, le MCO est soumis à des contraintes opérationnelles et stratégiques, lesquelles incitent à incorporer dans l'analyse économique des paramètres spécifiques à une organisation militaire conçue pour répondre au besoin collectif de sécurité. Difficiles à modéliser et souvent écartées de l'analyse économique, ces contraintes opérationnelles et stratégiques sont néanmoins importantes. Nous verrons notamment que l'économiste peut y associer un coût économique implicite que nous qualifions de Coût Social Opérationnel (CSO). Compte tenu des contraintes sus-citées, le problème qui se pose au décideur public consiste à rechercher la meilleure adéquation spatiale

[186] "*Defence economists (…) dream of optimizing defence organizations and restructuring by taking into account effectiveness and efficiency*" (Struys, 2004, p. 551).

[187] Pour une discussion sur ce sujet, voir Ponsard (1955), Thisse (1997) ou Combes *et al.* (2006 chap. 2).

[188] Par « sociale », on entend ici « au sens de la collectivité ».

du service de MCO aux besoins des forces armées qui assurent la production de sécurité. Nous nous intéressons donc à la meilleure configuration spatiale en tenant compte des contraintes économiques et stratégiques au sein d'un espace donné.

Plus précisément, nous questionnons le fait que cette configuration spatiale puisse être modifiée (par exemple dans une optique de réduction des coûts dans laquelle la concentration d'activités de MCO permet la réalisation d'économies d'échelle et peut favoriser les économies d'agglomération). L'organisation spatiale du MCO peut donc être vue comme un « levier » de politique publique intéressant en matière de réduction des coûts. En revanche, ce même « levier » est à manier avec précaution compte tenu de l'ensemble des coûts qui peuvent y être associés lorsqu'on adopte un cadre d'analyse spatial (*e.g.* coût de transport ou coûts implicites spécifiques aux armées). Dans ce chapitre, les questions qui guident notre réflexion sont les suivantes :

Quels sont les principaux paramètres qui influencent la configuration spatiale du MCO des matériels de défense ? La production du MCO doit-elle être concentrée spatialement ou au contraire dispersée ? Quels sont les principaux facteurs affectant les choix de localisation du MCO ? Comment ces facteurs ont-ils évolué ?

Afin d'apporter des éléments de réponse à ces questions, ce chapitre est organisé en trois sections. Les sections 1 et 2 s'intéressent à la configuration spatiale du MCO en termes d'arbitrage entre des coûts fixes et des coûts liés à la distance tandis que la section 3 s'intéresse aux facteurs de localisation du MCO.

Dans la **section 1** nous présentons les principaux facteurs qui entrent en jeu dans la configuration spatiale du MCO. Nous mettons en évidence l'arbitrage qui existe entre les coûts des infrastructures de MCO, les coûts de transport et une contrainte spécifique aux armées : le Coût Social Opérationnel (CSO). Cette contrainte spécifique est introduite pour prendre en compte certaines spécificités spatiales des activités de MCO et mettre en exergue leur rôle sur la configuration spatiale. Ensuite, nous discutons les principaux paramètres du modèle à l'aune des spécificités des différents matériels (*e.g.* avions, chars et navires) et nous y intégrons la segmentation du MCO en plusieurs niveaux industriels.

Dans la **section 2,** nous approfondissons la formalisation des idées développées dans la section précédente. Nous proposons une lecture de l'histoire du MCO sur la base d'un modèle simplifié dans lequel le décideur public organise le MCO dans l'espace avec deux

configurations possibles. Nous considérons d'abord une première configuration, dite « dispersée » dans laquelle deux « petits centres » de maintenance desservent de façon optimale l'espace. Puis, nous considérons une deuxième configuration dite « concentrée », dans laquelle un « grand centre » de maintenance dessert la totalité de l'espace considéré. Le modèle nous sert de cadre d'analyse afin de discuter de l'influence et du poids relatif des différents paramètres au regard de ce qui est observé dans l'histoire contemporaine du MCO. Nous illustrons le modèle en étudiant le cas de la future configuration spatiale du MCO des sous-marins nucléaires français.

La localisation des activités étant une dimension importante de la spatialisation du MCO, dans la **section 3** nous nous interrogeons sur les facteurs de localisation des activités de MCO. Nous montrons d'abord que les critères économiques ont occupé une place relativement faible dans les choix de localisation des activités de MCO. La localisation initiale des sites de maintenance s'est faite de façon « hors territoire », privilégiant les connexions avec le système militaire et en fonction de critères géographiques et stratégiques et sans recherche explicite de relations industrielles avec les systèmes productifs locaux et notamment les activités civiles. Ensuite, nous considérons les évolutions récentes dans la défense (baisse des ressources, évolution des technologies des systèmes de défense, changements organisationnels dans le MCO). Ces évolutions complexifient les choix de localisation dans le MCO et incitent à reconsidérer les choix de localisation du MCO.

Finalement, notre réflexion conduit à ne plus penser le MCO comme une extension des bases militaires – vision, héritée de l'histoire et tenant relativement peu compte de l'environnement industriel –, mais comme une activité industrielle conçue en tant que telle ou encore un « métier en soi »[189]. L'optimisation du MCO suppose alors de ne plus le penser « hors territoire », mais plutôt dans une dynamique avec d'un côté des ressources « territorialement ancrées » (personnel, technologie, infrastructure, partenaires,...) et de l'autre des débouchés variés (notamment avec un MCO dual, civil et militaire). C'est bien cette conceptualisation d'un MCO « territorialisé » qui permet de s'interroger sur l'importance des économies d'agglomération dans le MCO.

[189] À nouveau, notre propos rejoint le rapport du Sénat concernant le MCO aéronautique, que nous avons eu l'occasion de citer dans cette thèse : "*La principale évolution technique à l'horizon 2015 est que les aéronefs seront moins nombreux, mais technologiquement plus complexes. Il sera donc* ***nécessaire de professionnaliser*** *et de centraliser le MCO*" (Fréville 2008, p.50) (c'est nous qui soulignons).

Section 1 : L'arbitrage entre coûts fixes et coûts liés à la distance dans le Maintien en Condition Opérationnelle (MCO) des matériels de défense

Nous définissons le MCO comme un service de maintenance homogène rendu aux armées pour rendre opérationnel des matériels considérés eux aussi comme homogènes[190]. La production de ce service est réalisée dans un centre de maintenance. La Nation organise les centres de maintenance afin de minimiser le coût de MCO sous la double contrainte d'un budget fixé et d'un niveau d'opérationnalité décidé sur la base de considérations politico-militaires exogènes.

Quels sont les principaux paramètres influençant la configuration spatiale du MCO des matériels de défense ?

Nous étudions les principales forces qui entrent en jeu dans la configuration spatiale du MCO. Notre raisonnement s'appuie sur l'arbitrage entre le coût d'implantation d'une infrastructure de maintenance fixe et les coûts de transport. Cet arbitrage fondamental en économie spatiale (Combes, Thisse, & Mayer, 2006, p. 54) nous sert de base théorique pour introduire les spécificités spatiales du MCO. Nous nous intéressons ensuite au rôle de ces spécificités sur la distance optimale entre des centres de maintenance et au nombre optimal de centres sur un espace donné.

En dépit de paramètres poussant à la concentration (faibles coûts de transport, coût important des infrastructures), la majoration du coût de transport par un Coût Social Opérationnel (coût stratégique spécifique aux armées) freine la concentration et favorise le maintien d'une dispersion spatiale. La dispersion comme choix stratégique favorise l'opérationnalité lorsque cette dernière est corrélée avec une certaine proximité spatiale.

Nous présentons d'abord les principaux paramètres économiques du modèle. Nous introduisons ensuite une contrainte stratégique liée aux matériels de défense pour en étudier les conséquences sur la configuration spatiale du modèle. Puis, nous résumons les principaux enseignements du modèle et discutons ses principaux paramètres au regard de situations

[190] Ce faisant, on évince les caractéristiques des matériels et on perd en réalisme. Nous sommes bien conscients de simplifier un problème reconnu comme particulièrement complexe. Cependant, une telle approche simplificatrice est courante en microéconomie et particulièrement en économie spatiale. À titre d'exemple, dans son discours de réception du prix Nobel d'économie en 2008, Paul Krugman conçoit son travail de chercheur en économie à partir de quatre règles élémentaires dont une met en avant la simplification : « *Listen to the gentles ; question the question ; dare to be silly ; simplify, simplify* » (*cf.* Crozet, 2009, p. 514).

observées dans la maintenance. Nous proposons notamment une lecture du modèle au travers d'un découpage en niveaux techniques d'intervention (NTI) réellement observé dans le MCO.

1.1 La configuration spatiale du MCO : les paramètres fondamentaux

a) L'arbitrage de base entre le coût des infrastructures et les coûts de transport

Avant d'aborder les spécificités du MCO nous procédons à quelques rappels sur les principes de base qui sous-tendent la configuration spatiale des activités productives en économie spatiale. Ces rappels sont nécessaires et permettent de mieux mettre en évidence les « forces » qui orientent la configuration spatiale du MCO.

Sous contrainte de ressources limitées, on considère un décideur public cherchant à satisfaire la demande de maintenance pour l'entretien de matériels de défense. Le centre de maintenance est l'unité de production délivrant un service de maintenance des matériels dans un espace continu. L'espace retenu est dit « wébérien » (l'espace est isotrope, *i.e.* homogène dans toutes les orientations et à tous les niveaux : géologique, topographique, nature du sol, friction). Chaque centre dessert des « matériels militaires » distribués continûment dans une « région de rayonnement »[191]. Une situation est optimale lorsque les coûts des infrastructures de maintenance et de transport sont minima.

L'implantation d'une infrastructure de maintenance engendre un coût fixe noté F (*e.g.* ensemble des frais d'infrastructures associés à une grue, un banc de maintenance, un bassin de carénage ou une piste d'atterrissage). Ce coût est identique à chaque implantation potentielle d'un centre de maintenance.

L'espace engendre des coûts de transport. Le coût de transport unitaire T est une fonction croissante de d, unité de mesure de la distance. Formellement :

$$T = f(d) \text{ et } \frac{\partial f}{\partial d} > 0 \qquad (4.1)$$

On pose T proportionnel avec la distance. Alors $T = \tau d$ avec $d > 0$ et τ le coût de transport par unité de distance ou taux de transport. Dans la littérature, cette façon de modéliser les coûts de transport constitue une première approximation pour prendre en compte la distance. La proportionnalité de T avec d indique qu'il n'y a ni économies

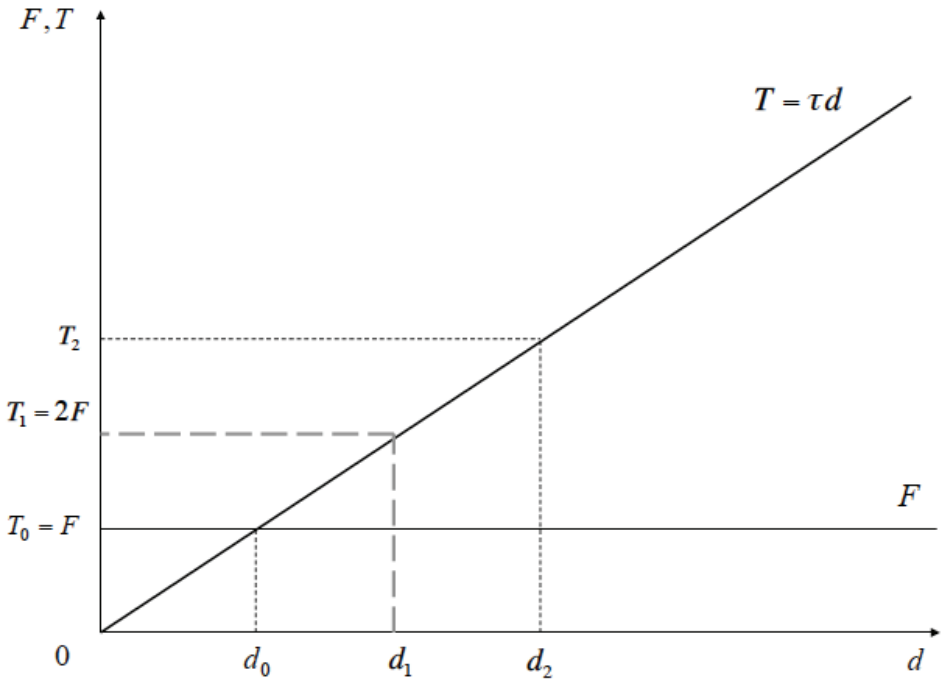
[191] Il s'agit ici d'une hypothèse simplificatrice qui a l'avantage de permettre un traitement formalisé des questions que nous soulevons. En réalité, les matériels sont plutôt répartis de façon discrète dans l'espace, au sein de bases militaires (*e.g.* régiments, base aérienne, base navale).

d'échelle dans le transport, ni déséconomies d'échelle. Elle indique aussi qu'il n'y a pas de préférence pour la proximité. Nous verrons plus loin que cette façon de modéliser les coûts engendrés par la distance peut être modifiée, notamment dans le cas d'activités stratégiques comme le MCO.

Un centre de maintenance est localisé en 0 et produit un service homogène pour des matériels militaires répartis dans l'espace desservi. Pour pouvoir bénéficier du service de maintenance dans le centre, les unités militaires supportent un coût de transport[192].

On observe alors la configuration spatiale simplifiée ci-dessous avec en ordonnées les coûts (coût d'implantation de l'infrastructure et coût de transport) et en abscisses la distance :

Figure 77 Le « centre de maintenance » et son espace de desserte



Le graphique ci-dessus permet de comparer en ordonnée le coût d'implantation de l'infrastructure et les coûts de transport[193]. Lorsque les coûts de transport sont relativement

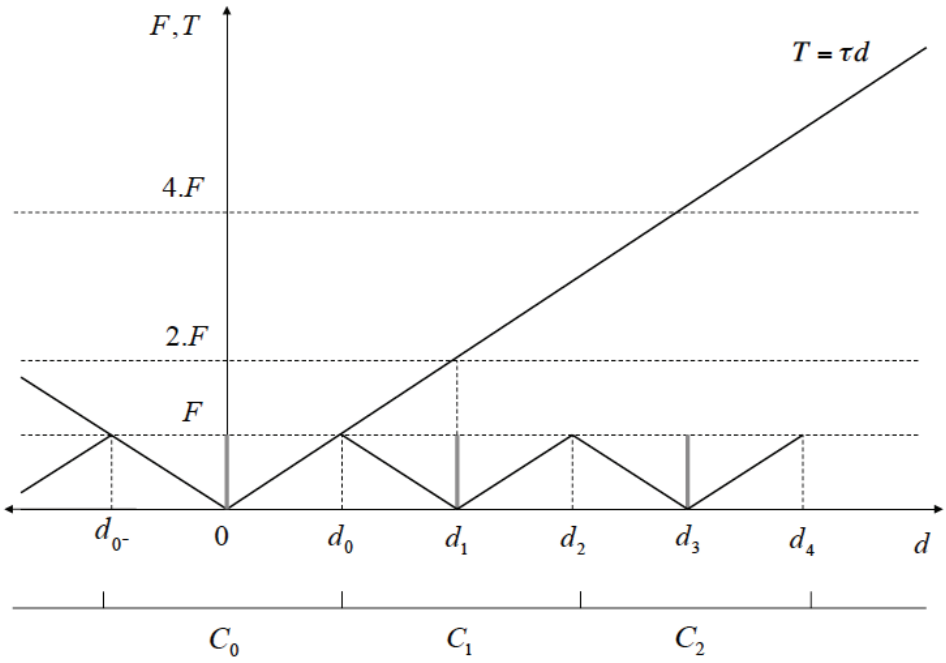
[192] Ce faisant on simplifie à nouveau la réalité car très fréquemment le service de maintenance peut prendre la forme d'un bien ou service se déplaçant du centre vers les unités militaires (*e.g.* un ingénieur se déplaçant pour intervenir sur un matériel à une certaine distance du centre, un technicien intervenant sur un matériel à l'aide d'un petit outillage mobile).

[193] Par exemple, pour un matériel localisé en d_0, le coût total du service de maintenance est composé du coût d'implantation et du coût de transport, soit : $F + T_0$. Sur le graphique, lorsque $T_0 = F$, d_0 marque la distance au-delà de laquelle le coût de transport devient supérieur au coût d'implantation de l'infrastructure ($T > F$). Si l'unité se situe en d_2, délivrer le service de maintenance coûte $F + T_2$.

faibles par rapport à des coûts d'implantation d'infrastructures importants, la région de rayonnement d'un centre s'accroît[194].

On considère maintenant que l'espace de référence à desservir s'agrandit (par exemple, il faut desservir des unités localisées « plus loin » ou il faut envoyer des matériels « plus loin »). Pour assurer le service de maintenance, le décideur public a alors le choix entre supporter un coût de transport plus important ou implanter un nouveau centre. Il y a là un arbitrage entre coût d'implantation et coût de transport[195]. Si l'on suit cette logique, en supposant que l'espace considéré grandit, on obtient la configuration spatiale suivante :

Figure 78 Configuration spatiale du MCO et « régions » rattachées aux centres



Dans la configuration spatiale qui résulte de l'arbitrage économique expliqué précédemment, chaque centre de maintenance dessert les unités situées à l'intérieur d'une « région » (ici de longueur C_i avec $i = 0, \dots, n$ et n le nombre de régions), les unités situées au-delà de la « frontière » de la région étant desservies par un autre centre de maintenance.

Au demeurant fort simple, l'arbitrage exposé ci-avant suffit à illustrer un principe très général en économie spatiale :

- d'un côté, des coûts d'implantation d'infrastructure élevés incitent à concentrer les activités de MCO. Cette force centripète fait que les activités de MCO vont tendre à se

[194] Nous mettons en annexe une analyse graphique présentant les variations des paramètres et permettant d'arriver à cette conclusion (*cf.* annexe 2).

[195] Le détail des mécanismes de cet arbitrage est présenté en annexe (*cf.* annexe 3).

polariser en un nombre restreint de lieux. À l'extrême, en considérant comme nul le coût d'implantation d'une infrastructure, un centre de maintenance serait construit en chaque lieu de demande, autrement dit là où se localiserait chaque matériel militaire. Il n'y aurait alors rien à transporter et il s'agirait en quelque sorte d'une variante militaire du « *backyard capitalism* » (Eaton et Lipsey *in* Artis & Nobay, 1977, p. 59-96).

- d'un autre côté, les coûts de transport forment une force centrifuge, source de dispersion des activités de MCO. Ils tendent à favoriser une configuration spatiale plus dispersée. Malgré une force centripète liée au coût des infrastructures, tant qu'il existe des unités militaires dispersées nécessitant d'être desservies, la région de rayonnement d'un centre de maintenance sera limitée par l'existence d'une demande éloignée, coûteuse à desservir. Pour servir cette demande à moindre coût, il est rationnel de chercher à s'en rapprocher. Il s'agit de la « *tyrannie de la distance* » liée aux coûts de transport des biens manufacturés ou des services rendus (Duranton 1997). À l'extrême, en l'absence de coûts de transport et sous réserve de rendements d'échelle croissants, un seul centre de maintenance suffirait à satisfaire toute la demande.

Au final, des infrastructures coûteuses (F « grand ») et de faibles coûts de transport des biens (τ « petit ») renforcent l'agglomération des activités de maintenance dans un petit nombre de lieux. *A contrario*, lorsque des coûts de transport relativement élevés se combinent avec des infrastructures relativement peu coûteuses, la distance optimale entre deux centres est faible et la configuration spatiale est plutôt dispersée. Des forces centripètes et centrifuges apparaissent bien dans ce modèle d'économie spatiale appliqué aux matériels des armées. Deux paramètres seulement permettent de proposer un fondement économique à la configuration spatiale du MCO.

b) Introduction d'un paramètre stratégique dans la configuration spatiale du MCO

Jusqu'à présent, en nous intéressant uniquement aux coûts des infrastructures et aux coûts de transport, nous n'avons abordé qu'une partie du coût du MCO. En se concentrant sur des variables et paramètres explicites le modèle laisse de côté d'autres paramètres indispensables à la compréhension du fonctionnement des armées. Nous pensons notamment à des impératifs stratégiques comme la disponibilité des matériels, qui conditionne la capacité d'intervention. En effet, n'oublions pas que l'objectif principal des armées n'est pas la

minimisation d'un coût mais bien la production de sécurité. Cette dernière passe par l'opérationnalité des matériels.

Pour les armées, la contrainte d'opérationnalité des matériels peut avoir plusieurs causes qui résultent d'état potentiel (*e.g.* état d'alerte, état d'entraînement, état d'opération sur théâtre). La non-réalisation, réelle ou potentielle, d'un de ces états peut s'apparenter à un coût social qu'il est possible d'intégrer dans le raisonnement économique. Nous dirons que lorsque les armées ne peuvent pas remplir le contrat, il s'agit pour la société d'un Coût Social Opérationnel (CSO), *i.e.* le coût d'une réelle ou potentielle non-intervention des forces. Au regard des critères sur lesquels sont jugées les armées dans l'exercice de leur mission, le CSO cherche à prendre en compte l'existence d'un dommage non-immédiat pour la Nation, lié notamment au fait que l'on puisse être en rupture de production de défense (par exemple parce qu'un matériel est indisponible). D'une certaine manière, plus les conséquences liées à une non-opérationnalité sont élevées, plus l'utilité sociale des armées est susceptible d'être affectée et plus le CSO sera élevé.

Cette seconde conception du coût économique, très difficile à apprécier n'est évidemment ni matérielle, ni objective. Elle est au contraire immatérielle et subjective. Dans la littérature ce type d'approche est parfois proposée à travers la distinction entre « coûts explicites » (impliquant effectivement une dépense) et « coûts implicites » (parfois mesurés par la valeur monétaire des bénéfices auxquels on renonce) (Krugman & Wells 2009). Les coûts implicites sont par définition cachés. Ils doivent pourtant être pris en compte lors de décisions économiques et « *une erreur commune dans l'analyse et dans les situations économiques réelles consiste à ignorer les coûts implicites et à s'intéresser exclusivement aux coûts explicites*. *Mais le coût implicite d'une activité est souvent substantiel – et il est en effet parfois beaucoup plus important que le coût explicite*» (Krugman & Wells 2009).

La défaillance vécue du système de maintenance représente donc une forme de perte, qui a une certaine réalité économique. Avec le CSO, le décideur public est confronté à une forme de réalité économique « floue », qu'il faut pourtant s'efforcer d'estimer *a priori*. En effet, si l'on engage des ressources que l'on sait compter et mesurer dans la maintenance, il est très difficile de pouvoir apporter une réponse à la question : « que coûte à la Nation une défaillance du système de MCO? ». Dans le cas extrême où une armée serait totalement indisponible – par exemple parce que ses matériels sont indisponibles – le coût social serait très important. Cette question est conceptuellement liée à celle de l'estimation de l'*output* de défense. "*it is difficult to measure cost savings for events which do not occur. Indeed, such*

problems raise the general methodological issue of the counter-factual: what would have happened without a nation's defence spending?" (Hartley 2012, p.187).

Conceptuellement, le CSO est bien un coût social qui peut évoluer en fonction de la menace et les conséquences de la menace. Ce coût est difficile à apprécier et donc susceptible d'être sous-évalué par le décideur public. Cette « myopie » du décideur public au regard d'un coût que l'on ne sait pas bien évaluer s'apparente à la prise en compte des défaillances du marché en économie publique.

Il peut d'abord être sous-évalué parce que l'information est imparfaite ou erronée. Cette sensibilité de la société va dépendre des contextes géopolitiques et fait partie de ce qu'Aben (1992) qualifie de « demande de défense » (demande qui dépend fondamentalement de la vulnérabilité d'un pays et de la menace)[196]. En particulier, le CSO est susceptible d'être sous-évalué parce que la composante « menace » est très difficile à apprécier pour les agents économiques[197]. Si par exemple un citoyen ignore la capacité réelle d'intervention des armées dans le but d'assurer sa sécurité, comment peut-il juger avec acuité du coût d'une non-intervention ? Toujours concernant l'information, le futur étant incertain, il est illusoire de vouloir quantifier au sens comptable les conséquences liées à un risque envisagé.

Le CSO est susceptible d'être sous-évalué car les effets de l'action sont trop éloignés dans l'espace et par conséquent trop distants des agents économiques pour qu'ils puissent en saisir toute l'importance et donc évaluer le CSO à sa juste mesure. La situation est probablement différente lorsque les menaces sont directement aux frontières. Les effets de l'action peuvent aussi être trop éloignés dans le temps (comment savoir qu'une intervention aujourd'hui, même minime peut empêcher une guerre demain ?). Cela renvoie à la question suivante : quelle valeur les générations présentes doivent-elles accorder aux forces armées pour améliorer (ou garantir) la situation sécuritaire d'un territoire ?[198]

Ces caractéristiques font que l'on ne peut ni posséder, ni échanger une « capacité opérationnelle ». Ceci explique qu'elle soit la propriété de l'État à qui on s'en remet pour l'appréciation du CSO et justifier ou non d'une intervention militaire. D'une certaine manière, on laisse au décideur public le soin d'arbitrer dans la maintenance des matériels entre les

[196] On retrouve également cette notion dans des travaux portant sur la demande de défense (*cf.* Smith (1980)).

[197] "Security should be regarded not as any objective measure, but as a subjective peace of mind, based on perceptions of freedom from attack" (Smith 1980, p.811).

[198] Sous hypothèse bien sûr que les forces armées soient jugées indispensables pour garantir la stabilité de cette situation sécuritaire. Le choix d'une défense assise sur les forces armées est bien un choix collectif. La littérature en *Peace Sciences* montre que d'autres formes de défense existent (*cf.* Sharp (1995)).

coûts des mesures préventives – coût explicite du MCO – et les coûts d'une conséquence d'une défaillance du système de défense – coût implicite stratégique du MCO –.

D'un point de vue militaire, implanter rationnellement un centre de maintenance peut aussi consister à le rendre aussi accessible que possible pour les matériels qu'il dessert, ceci afin d'assurer une certaine disponibilité du matériel ou une proximité avec les lieux d'exercice ou de « théâtre ». Nous admettons que ce CSO est appréciable. Il est par exemple possible de considérer qu'un CSO estimé avec le maximum d'éléments objectifs ne soit qu'un minorant du CSO réel.

Nous introduisons dans le modèle un CSO que l'on fait dépendre de la distance. Si la forme du CSO peut varier selon la sensibilité sociale à l'opérationnalité, il est raisonnable de penser que le CSO entre un lieu de production de MCO et un lieu de consommation de MCO soit croissant en fonction de la distance. Le CSO est donc plus élevé pour des unités plus loin d'un centre de maintenance que pour celles localisées à proximité. Cette hypothèse n'est valable que si un matériel est « attribué » à une zone particulière à partir de laquelle il est supposé intervenir. Plus l'unité à desservir se situe loin de l'endroit où s'effectue la maintenance, plus le coût d'une potentielle non utilisation de l'unité est élevé. Ceci traduit l'idée suivante : si la distance est trop importante et le temps d'immobilisation trop long, la non-opérationnalité risque de croître et le CSO également. Du point de vue d'une unité militaire, le CSO est maximum au centre de maintenance et minimum au point où se situe la base ou l'unité à maintenir. Formellement :

$$CSO = A + g(d) \tag{4.2}$$

$$\text{avec } \frac{\partial g}{\partial d} > 0 \text{ et } \frac{\partial^2 g}{\partial d^2} > 0 \text{ et } A > 0$$

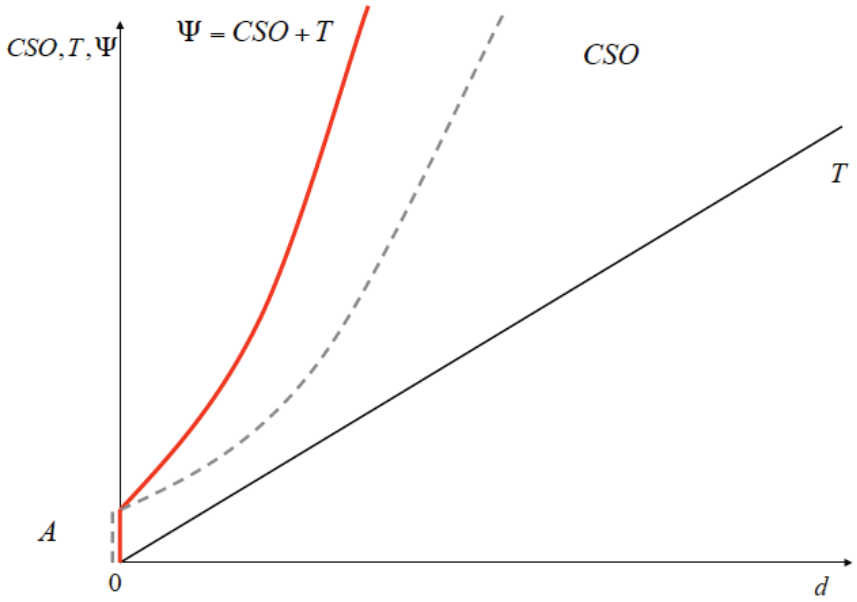
Nous supposons que g est croissante et convexe avec la distance. Ceci illustre l'idée d'un CSO très fort lorsque le matériel est loin de la base à laquelle il est rattaché. Le CSO comporte une partie non liée à la distance (formalisée par une constante notée A). A est une contrainte exogène qui s'impose aux armées. Cette partie non liée à la distance est introduite dans le modèle pour plus de réalisme et deux arguments la justifient :

D'abord un matériel peut être près du centre, avec donc un temps de réponse plus long. La partie non liée à la distance exprime par exemple la différence entre un avion dans le centre de maintenance et prêt à décoller vers son lieu d'intervention et un avion dans le centre,

mais rentrant seulement dans l'atelier de réparation. De ce point de vue, *A* modélise en partie le temps minimum nécessaire à la maintenance. Plus généralement, la partie non liée à la distance peut aussi exprimer l'incertitude sur un contexte donné. On peut par exemple imaginer une valeur de *A* très faible en temps de paix, très élevée en temps de guerre et intermédiaire en contexte « menaçant ».

L'évolution du CSO en fonction de la distance peut être représentée par le graphique suivant où Ψ , somme du CSO et de *T*, mesure le coût réel engendré par la distance dans la configuration spatiale du MCO[199].

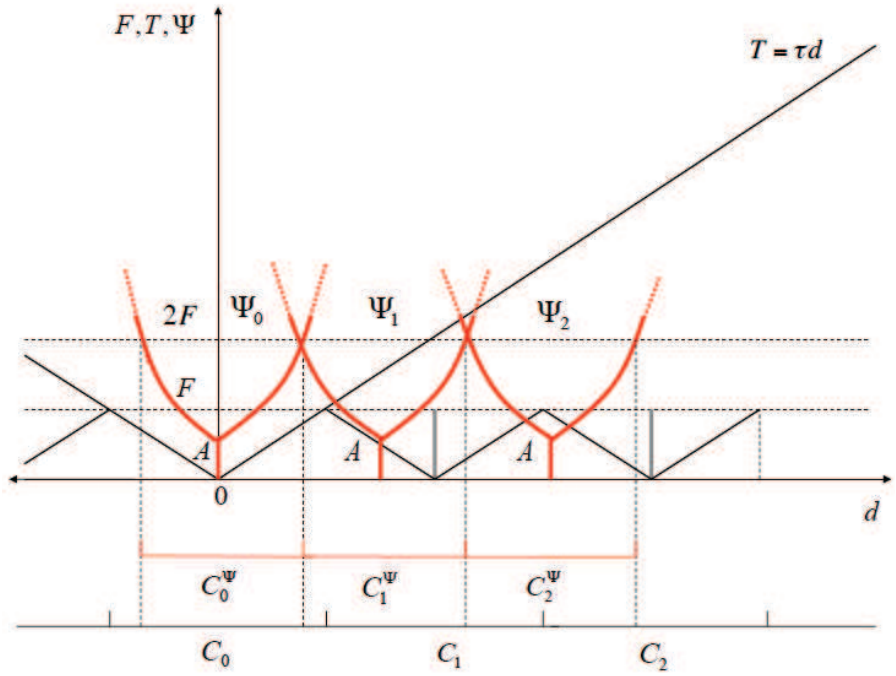
Figure 79 Centre de maintenance et Coût Social Opérationnel (CSO)



La force centrifuge des coûts de transport, liée aux bases à desservir est « amplifiée » par le CSO. Le CSO intervient comme perturbateur dans le jeu de forces centripètes et centrifuges décrites précédemment. La conséquence directe dans le modèle est, qu'à coût d'infrastructure donné, une baisse du coût de transport n'entraîne pas forcément une configuration plus concentrée. En effet, un coût de transport faible auquel s'ajoute un CSO élevé contribue à maintenir une dispersion relativement forte. Autrement dit, la dispersion en plusieurs lieux favorise l'opérationnalité, parfois au détriment d'économies potentielles sur les infrastructures. La configuration spatiale avec introduction du CSO est illustrée à l'aide du graphique suivant :

[199] Formellement, cette représentation graphique n'est pas juste pour de très petites valeurs de *A*. Nous pensons que cela n'est pas gênant dans notre raisonnement dans la mesure où, compte tenu, de la définition du CSO et de l'ensemble des éléments qu'il prend en compte, une valeur nulle de *A* est très peu pobable.

Figure 80 Configuration spatiale des centres de maintenance avec CSO



Par rapport à la situation précédente, la distance d'arbitrage se retrouve modifiée. Il n'y a pas d'incitation à implanter un nouveau centre tant que les coûts engendrés par la distance ($\Psi = \mathrm{CSO} + \mathrm{T}$) sont inférieurs au coût d'implantation d'une nouvelle infrastructure. On voit que les régions à desservir sont plus petites que précédemment. Ce sont donc les coûts de transport, mais majorés par les coûts stratégiques liés à la distance qui vont jouer un rôle important dans la configuration spatiale du MCO. L'ensemble des coûts liés au franchissement de la distance pour desservir les unités (Ψ) joue maintenant le rôle de force centrifuge dans le modèle. Ce faisant, on rejoint une conception « élargie » du coût de transport, qui selon Fujita et Thisse (1996) inclut « *tous les éléments susceptibles de contrecarrer la mobilité des biens, des personnes et de l'information* ».

Au final, dans ce modèle, le nombre de centres dépend de trois facteurs fondamentaux : le coût d'implantation de l'infrastructure de maintenance (F), le coût de transport (T) et le Coût Social Opérationnel (CSO). Si N est le nombre de centres :

$$N = f(F, T, CSO) \tag{4.3}$$

avec :

$$\frac{\partial f(.)}{\partial F} < 0 \; ; \frac{\partial f(.)}{\partial T} > 0 \; ; \frac{\partial f(.)}{\partial CSO} > 0$$

La configuration spatiale du soutien des matériels dépendra certes du coût des infrastructures rapporté au coût de transport, mais ce dernier sera toujours nuancé par le CSO. Le CSO étant non linéaire avec la distance, il « appuie » les forces centrifuges.

1.2 Application du modèle aux différents types de matériels

Nous examinons chacun des facteurs fondamentaux du modèle (F,T et CSO) en considérant les différents types de matériels que l'on peut y recenser. Dans quelle mesure les spécificités intrinsèques aux matériels vont-elles influencer les facteurs fondamentaux du modèle ? D'abord l'hypothèse d'homogénéité des matériels n'est pas réaliste. L'expérience de terrain montre qu'il y a d'importantes différences entre les catégories de matériels, voire à l'intérieur des catégories elles-mêmes. De plus, les milieux dans lesquels les matériels évoluent et bien d'autres caractéristiques diffèrent d'un matériel à l'autre. La grande variété des matériels, les technologies et infrastructures qu'ils mobilisent, leur rapport à la distance sont autant de données à considérer lorsqu'on s'intéresse à la configuration spatiale du MCO.

a) Le coût d'implantation du centre

Le modèle suggère que les activités de MCO ayant les coûts en infrastructure les plus élevés vont être les plus concentrées spatialement. Observons les configurations spatiales du MCO en France. Dans le naval, domaine où les besoins en infrastructures sont historiquement très élevés (*e.g.* port en eau profonde, cale de radoub), le nombre de centres de maintenance est bien plus restreint que dans l'aéronautique et dans la maintenance terrestre. En 2012, on observe deux principaux sites faisant du MCO naval militaire (Brest et Toulon), pour cinq Ateliers Industriels de l'Aéronautique (AIAé) faisant de l'entretien des matériels aéronautiques et près de neuf sites principaux dans la maintenance des matériels terrestres.

L'évolution de la technologie militaire a un impact fondamental sur ce coût d'implantation en raison des besoins en infrastructures hautement spécifiques et très coûteuses qui vont croissants avec l'évolution des technologies militaires[200]. Ces dernières années, notamment, l'évolution des matériels fait état d'un besoin croissant en infrastructures spécifiques liées aux nouvelles générations de matériels.

Prenons le cas du soutien aéronautique militaire avec des ateliers de maintenance assurant l'entretien d'avions de chasse. Dans une situation combinant des coûts

[200] *cf.* Chapitre 3 de la thèse, section 2 sur le lien entre l'évolution de la technologie et les coûts de MCO.

d'infrastructure peu élevés – du fait de l'emploi de technologies et d'outils relativement génériques – avec des coûts de transport assez élevés, l'intégralité de la maintenance sera réalisée à proximité des matériels. On peut alors imaginer que chaque base aérienne possède son atelier de maintenance. Des coûts de transports relativement importants au regard des économies potentielles sur les infrastructures contribueront à maintenir une telle configuration spatiale. Dans cette perspective, il n'y a pas d'intérêt à regrouper la production du MCO car les gains envisageables seraient relativement faibles par rapport aux coûts de transport. Cette configuration spatiale peut être qualifiée « d'héritage de l'histoire ».

Ce type de configuration peut changer suite à des évolutions technologiques. Prenons l'exemple du passage du moteur à hélice au moteur à réaction. Lors de cette rupture technologique, les infrastructures de maintenance des appareils sont devenues plus importantes en taille et en intensité technologique, ce qui a augmenté leur coût. Nous pouvons aussi comparer les technologies de revêtement nécessaires à la maintenance d'un avion de la seconde guerre mondiale (entretien mécanique sur une carlingue en acier), avec celles nécessaires à la maintenance d'avions modernes qui nécessitent des infrastructures très spécifiques et très coûteuses. L'actualité montre que certains avions – comme par exemple le B2, bombardier furtif américain composé à plus de 60 % de matériaux composites – ne peuvent être accueillis que dans des infrastructures spécifiques à ces mêmes matériaux.

Historiquement, on retrouve des évolutions similaires pour les véhicules. Imaginons, une situation où des ateliers assurent la maintenance d'un parc de véhicules blindés. Lorsque les infrastructures de maintenance sont relativement peu coûteuses (*e.g.* hangar, outillage simple) la totalité de la maintenance va se faire à proximité des matériels. Imaginons que la technologie évolue et que les matériels incorporent beaucoup d'électronique. Les blindages évoluent et incorporent de plus en plus de matériaux composites. Ces évolutions nécessitent des infrastructures spécifiques, souvent très coûteuses. Concernant les matériels terrestres, les tendances récentes sont d'ailleurs à la concentration du MCO. On est notamment passé de treize sites principaux à neuf en moins de cinq ans. Ce phénomène accompagne l'entrée en service de nouveaux matériels (*e.g.* char Leclerc, canon Caesar, VBCI) qui nécessitent des infrastructures plus coûteuses.

b) Les coûts de transport

Le modèle suggère également que les activités ayant les plus forts taux de transport sont les plus dispersées.

Des facteurs discriminants, *i.e.* propres à chaque type de matériels et à chaque armée peuvent jouer un rôle. Par exemple, pour les matériels terrestres, les centres de maintenance sont historiquement caractérisés par une dispersion très forte. Cette dispersion résulte de forces économiques spécifiques à ces matériels, lesquelles combinent de faibles coûts d'infrastructures et des coûts de transport élevés liés au milieu d'évolution.

Les blindés sont en effet des matériels au coût de transport typiquement élevé. Les chars lourds par exemple (type Leclerc) doivent circuler sur plate-forme d'une zone de besoin à une autre (*e.g.* champ de bataille, zone d'entraînement). Ces véhicules sont difficilement transportables par avion et nécessitent une logistique de transport coûteuse (Badellon, 2009). Allant dans ce sens, un rapport du CPRFA notait que *« l'emploi des chars loin de leur base* [ici lieu de localisation des infrastructures de MCO] *entraîne un surcoût qui varie selon l'environnement opérationnel et qui ne peut être chiffré a priori* » (CPRFA 2005, p.7).

Dans cette logique, même si pour les matériels modernes, les infrastructures sont de plus en plus spécifiques et coûteuses (*e.g.* Leclerc, VBCI), il est fort probable que la prise en compte des coûts de transport conduise à relativiser l'intérêt de la concentration. Toute amélioration de la technologie de transport des matériels va donc contribuer à relâcher la contrainte spatiale. Toujours dans le cas du MCO des véhicules terrestres, dans un paradigme de projection de force, une des manières de relâcher la contrainte spatiale se trouve probablement dans le fait de localiser un centre de maintenance près des axes de transports multimodaux. En ce sens, la proximité spatiale d'un centre de maintenance (ou d'une base militaire) avec le réseau ferroviaire et un aéroport réduirait le coût de transport et l'accès facilité à différents nœuds multimodaux favoriserait la concentration du MCO.

Des facteurs non-discriminants, *i.e.* communs à tous les matériels ont aussi leur importance quant au coût de transport. Nous pensons notamment à la fréquence des échanges qui peut influencer le coût de transport et donc la configuration spatiale. Notamment, lorsque la fréquence est suffisamment élevée, le coût de transport va s'accroître et réduire la région de rayonnement d'un centre. Ceci suggère aussi qu'une fréquence des opérations de MCO qui s'accroît fortement peut suffire à justifier l'existence d'un centre.

La fréquence peut d'abord dépendre de la situation sécuritaire. Prenons l'exemple d'une zone située à proximité d'un théâtre d'opérations et supposons que l'on décide d'y allouer davantage de moyens matériels (*e.g.* maintien de la paix, occupation militaire). Si les opérations s'intensifient, la fréquence des opérations de maintenance augmente. Dans l'armée

de terre par exemple, la projection de forces terrestres en dehors de la métropole nécessite souvent l'implantation d'un centre de maintenance (même temporaire) à proximité du théâtre (*e.g*. cas des blindés ou du Tigre en Afghanistan).

La fréquence dépend aussi de la technologie. La fréquence des échanges peut très bien s'accroître lorsqu'on s'intéresse à des technologies demandant des opérations de maintenance plus répétées dans le temps. Les matériels les plus récents (*e.g.* Rafale, Tigre) ont une maintenance basée sur un « mix » entre le correctif et le préventif. Cette approche du MCO permet d'éviter de nombreux aléas et accroît la disponibilité des matériels. Elle est rendue possible grâce à l'évolution des technologies de mesure (censeurs). Les opérations de MCO sont alors de moindre ampleur, mais plus nombreuses. Ces petites interventions ponctuelles, certes courtes, mais répétées, renforcent le besoin de co-localisation entre le centre et les matériels et *in fine* peuvent amplifier les forces centrifuges (Droff & Bellais 2013).

c) Le Coût Social Opérationnel (CSO)

Premièrement, les facteurs contextuels jouent un rôle important dans le CSO et ce pour tous les types de matériels. En temps de paix, on peut par exemple supposer qu'une disponibilité moindre des matériels est acceptable, et donc que le CSO est plus faible (notamment pour sa partie non liée à la distance). En revanche en situation de conflit, la valeur du temps n'est plus la même et le CSO peut être très élevé. Pour des unités en opération, compte tenu des impératifs militaires, le CSO sera probablement très vite croissant avec la distance. Le CSO dépend donc du contexte et des lieux d'implantation des unités à desservir (*e.g*. territoire métropolitain ou opérations extérieures).

En généralisant, nous pensons qu'une menace moins prégnante ou une « frontière pacifiée » contribuent à réduire le CSO et la sensibilité de ce dernier à la distance. La menace est un critère difficile à évaluer dans le cas de la demande de défense. La menace est aussi imprévisible et son évolution est sujette à entraîner ce que nous appelons des ruptures contextuelles, susceptibles de remettre en cause une configuration spatiale donnée.

Ainsi si l'on considère des activités de MCO caractérisées par des coûts d'infrastructures élevés et des coûts de transports faibles, le modèle sans CSO conduit à dire que leur configuration optimale sera plutôt concentrée. Mais, si ces mêmes activités ont un temps d'intervention critique faible, la distance qui augmente lorsque les activités se concentrent fera croître le CSO en raison des indisponibilités potentielles sur le matériel. Il en

résulte que des activités *a priori* concentrées sur la base des critères de coût explicite peuvent être plus dispersées lorsque sont pris en compte des coûts implicites.

Par exemple, le Royaume-Uni possède actuellement 14 avions ravitailleurs pour un besoin réel de sept appareils en temps de paix. Leur MCO actuel est alors dimensionné pour 50 % de la flotte. Ces appareils nécessitent des infrastructures coûteuses. Le CSO actuel associé à ces appareils est faible parce que le pays n'a pas besoin de tous les appareils. Sous réserve de coût de transport relativement faible, en temps de paix, on peut en déduire une tendance à concentrer le MCO de ces appareils pour réaliser des économies sur les coûts d'implantation des infrastructures. En revanche en situation de conflit, la valeur du temps n'est plus la même. On peut alors suggérer que l'indisponibilité liée à l'organisation du MCO (dimensionnement, configuration spatiale concentrée) puisse mettre en péril la mission des armées et que le CSO puisse s'accroître. Cet exemple souligne le fait qu'une configuration spatiale concentrée optimale dans un contexte donné peut très bien s'avérer sous-optimale lorsque le contexte change et que le CSO augmente. Le principal enseignement à tirer de l'introduction du CSO est qu'il conduit à relativiser les logiques de concentration systématique des activités de MCO. Cette conclusion peut s'avérer importante dans la mesure où de nombreuses réformes sont conduites en temps de paix, donc *a priori* dans un contexte où le CSO est peu élevé.

Deuxièmement, la prise en compte de l'hétérogénéité des matériels et des technologies qu'ils mobilisent a des conséquences sur le CSO et donc sur la configuration spatiale du système de maintenance.

Le modèle générique est alors plus ou moins pertinent selon les spécificités respectives des matériels. Par exemple, si on reprend le cas du MCO des véhicules terrestres, la dispersion de la maintenance résulte certes de coût de transports élevés liés à la nature même des matériels mais aussi de facteurs stratégiques. Il n'est alors pas déraisonnable de supposer un CSO historiquement élevé pour les matériels terrestres en raison d'impératifs stratégiques et doctrinaux comme par exemple les risques d'invasion terrestre, la couverture du territoire ou le prépositionnement d'accompagnement d'une frappe nucléaire tel qu'il était énoncé dans le Livre blanc de 1972. De tels impératifs nécessitaient des taux de disponibilité des matériels terrestres de 90-100 %. Ces taux sont différents des taux cibles actuels – compris entre 70 et 75 % –, qui sont liés à un autre paradigme : celui de la projection de force.

Cependant, il convient de garder à l'esprit que les choses ne sont aucunement figées. L'évolution de la technologie, notamment, modifie le CSO et son rapport à la distance, ce qui est susceptible d'affecter la configuration spatiale du MCO. Si on fait l'hypothèse d'un CSO corrélé au temps d'indisponibilité, en modifiant le rapport à la distance, la technologie des systèmes de défense peut contribuer à la baisse du CSO. L'espace à appréhender dans l'analyse du MCO évolue donc en fonction de la technologie mobilisée.

Par exemple, dans le MCO aéronautique, l'évolution de la technologie des aéronefs de combat a relâché la contrainte sur la distance. Si la technologie des moteurs des avions de chasse augmente considérablement leur rayon d'action et leur vitesse d'intervention, elle permet également de rallier plus vite la base à partir du centre de maintenance. Il résulte que si les avions volent plus vite, la maintenance peut être réalisée plus loin à CSO constant, donc potentiellement de manière plus concentrée. L'historique du rapport à la distance des avions de chasse français permet d'illustrer cet argument (*cf.* tableau ci-dessous) :

Tableau 15 Rapport à la distance des avions de chasse français (de 1914 à nos jours)

Epoque	Appareils	Rayon d'action (km)	Vitesse (km/h)	CSO
Première guerre mondiale	*e.g.* Nieuporte 28, Morane-Saulnier	200-500	<200	+++
Seconde guerre mondiale	*e.g.* Devoitine D520, Arsenal VG 33	500-1000	300-600	+++
1970 et plus	*e.g.* Jaguar	535	1500	++
1980 et plus	e.g. Mirage 2000, Rafale	>1600	2200	+

Légende : +++ Très important ; ++ Moyennement important ; + Faiblement important

A contrario pour les véhicules blindés, étant donné la vitesse de déplacement des matériels, le CSO est historiquement élevé, ce qui joue en faveur du maintien d'un configuration dispersée. Un progrès dans les transports ferroviaires favorise le MCO des blindés en configuration concentrée (sous réserve que les centres de maintenance soient à proximité d'une voie ferrée). On peut également songer au transport par avion. Mais l'aérotransportabilité – et plus largement une conception de la défense dans un paradigme de « projection de forces » – rend plus complexe cette observation. En effet, d'un côté le fait de pouvoir transporter des matériels par avion réduit considérablement leur CSO, mais d'un autre côté cela accroît le coût de transport. Toutefois, si l'on s'appuie sur Hummels (2007) qui montre que les prix du fret aérien ont été divisés par dix depuis la fin des années 1950 en

raison du progrès technique dans l'aéronautique, il est fort probable que l'aérotransportabilité joue plutôt en faveur d'une configuration concentrée.

1.3 Application du modèle aux différents niveaux d'intervention (NTI)

Le MCO est une activité complexe et l'hypothèse faite sur l'homogénéité du service de maintenance n'est pas réaliste. Le MCO englobe en réalité différentes opérations (*e.g.* entretien courant, réparations, gestion de configuration, mise à jour des référentiels techniques, organisation logistique). De plus, l'organisation du MCO distingue la maîtrise d'ouvrage étatique (gestion des parcs, programmation de la maintenance, préparation, négociation et suivi des marchés de maintenance) et la maîtrise d'œuvre (réalisation des travaux de maintenance).

Peut-on segmenter le processus de MCO ? Quel est le rapport à l'espace des différentes parties de ce processus ?

Dans ce qui suit, nous présentons une première segmentation du processus de MCO. Nous concevons le MCO comme un processus multi-niveaux à travers la notion de Niveau Technique d'Intervention (NTI). Le NTI est « *le niveau d'exécution des opérations de maintenance défini dans le cadre général d'une politique de maintenance, tenant compte notamment de l'objectif de disponibilité opérationnelle et de contraintes particulières telles que la complexité des produits liés à la défense, la qualification des personnels, les coûts, les délais, les moyens et les infrastructures* » (Source : Légifrance.gouv.fr). Le MCO des matériels de défense distingue trois NTI. Dans ce qui suit nous détaillons les NTI pour chaque milieu – aéronautique, terrestre, naval –, puis nous étudions leur rapport à l'espace à travers les paramètres du modèle.

a) Le niveau technique d'intervention n°1 (NTI 1)

Le niveau technique d'intervention n°1 (NTI 1) assure la mise en œuvre et la maintenance du matériel sur le terrain. Ce niveau correspond à l'entretien programmé léger et aux dépannages d'ampleur peu importante. L'activité à ce niveau revêt un caractère aléatoire qui impose une contrainte de réactivité. Cette réactivité justifie le besoin de proximité spatiale des compétences et infrastructures. Les opérations du NTI 1 sont généralement effectuées au sein des formations militaires utilisatrices de matériels ou par des structures relativement légères, implantées à proximité du lieu d'usage des matériels. Les opérations de ce niveau

sont en général de courte durée et l'indisponibilité des matériels est généralement très faible (de l'ordre de quelques heures).

Dans l'aéronautique, le NTI 1 regroupe l'ensemble des opérations quotidiennes préparant un aéronef au vol (*e.g.* entretien sur la piste avant et après vols pour les aéronefs, petits dépannages, compléments de plein en fluides divers). Il est généralement assuré par des ateliers de piste sur les bases aériennes. L'indisponibilité des aéronefs liée à ce niveau est de quelques heures. Au niveau macroéconomique, les dépenses du NTI 1 correspondent à environ 25 % des dépenses de MCO aéronautique et sont non-programmables (Fréville 2008, p.49).

Dans le MCO des matériels terrestres, le NTI 1 s'apparente aux opérations qu'un utilisateur de voiture peut réaliser lui-même sur son véhicule (*e.g.* vidange, petites réparations). Il est généralement effectué par les ateliers sur base et les matériels sont indisponibles quelques heures.

Pour le MCO naval, le NTI 1 est souvent effectué par l'équipage. Il concerne le nettoyage, le réglage, les vérifications périodiques, le contrôle des performances et les échanges de composants ne nécessitant pas l'utilisation d'outillage et/ou de vérificateur spécifique. Du personnel dépêché par service logistique de la marine – ex ateliers militaires de la flotte ou AMF)[201] – peut parfois intervenir. Les activités du NTI1 ne pèsent généralement pas sur la disponibilité du bateau.

b) Le niveau technique d'intervention n°2 (NTI 2)

Le niveau technique d'intervention n°2 (NTI 2) regroupe les opérations de maintenance effectuées au niveau de l'Unité Remplaçable en Atelier (URA). Il concerne des opérations curatives pour remettre en état des matériels endommagés, ainsi que des opérations préventives pour assurer la sécurité des utilisations de matériels. Ces opérations sont relativement importantes et nécessitent des moyens adaptés, comme des bancs d'essai, des outillages spécifiques, de la documentation, des rechanges et du personnel qualifié. D'un point de vue industriel, les infrastructures nécessaires au NTI 2 sont plus importantes que celles du NTI 1. L'indisponibilité des matériels associée au NTI 2 est généralement de quelques jours (exceptionnellement une voire quelques semaines).

[201] Le SLM dispose de compétences techniques dans les domaines de la productique, des systèmes mécaniques, électriques et métalliques ainsi que dans les structures composites (*cf.* Chapitre 3, section 3).

Dans le MCO aéronautique, les opérations du NTI 2 sont souvent plus complexes et nécessitent des moyens industriels plus importants que les opérations de NTI 1. L'indisponibilité des aéronefs se compte alors en jours. En « interne », ces opérations sont réalisées par les escadrons de soutien spécialisé des bases aériennes. Lorsqu'elles sont externalisées, c'est l'industriel qui intervient. Au niveau macroéconomique, les dépenses du NTI 2 correspondent à environ 25 % des dépenses de MCO aéronautique et sont partiellement programmables (du moins pour leur part préventive) (Fréville 2008, p.49).

Pour les matériels terrestres, le NTI 2 consiste également à réaliser des opérations de MCO plus complexes, plus longues avec un niveau d'infrastructures plus lourd que le NTI 1.

Dans le MCO naval, les opérations du NTI 2 sont généralement des réparations de moyenne importance. Les activités de MCO du NTI 2 pèsent sur la disponibilité du bateau pour une durée allant de quelques jours à plusieurs semaines. Les opérations du NTI 2 se décomposent en indisponibilités pour entretien intermédiaire (IEI) et en périodes d'indisponibilité intermédiaire (PEI) (généralement plus légères)[202]. Une grande particularité des tâches du NTI 2 dans le naval est qu'elles ne sont pas ou peu planifiables. Par exemple, pour les sous-marins, on estime que la moitié des tâches lors d'une IEI ne sont pas planifiables (Ravix *et al.*, 2005, p. 147). Les IEI sont réalisées par les industriels – DCNS qui est en monopole pour les navires nucléaires et les navires fortement armés ou d'autres industriels lorsque la mise en concurrence existe – et le SLM localisé sur les bases navales de Brest et de Toulon. Lors des PEI les équipages et le SLM effectuent les réparations, sauf lorsque sont concernés des matériels pour lesquels le SLM ne dispose pas des compétences requises. Dans ce cas, l'industriel intervient.

c) Le niveau technique d'intervention n°3 (NTI 3)

Le niveau technique d'intervention n° 3 (NTI 3) englobe les opérations de rénovation programmées pour restaurer le potentiel (grandes visites) et les opérations importantes de remise en état sur des matériels (suite à des dégradations en Opex par exemple). À ce niveau, la profondeur d'intervention comprend parfois la reconstruction ou la rénovation complète d'un matériel. Ces opérations lourdes de reconstitution de potentiel, de réparations ou de modernisation des matériels nécessitent d'importants moyens industriels. À ce NTI, les

[202] Autre particularité des PEI : les bâtiments doivent être en mesure d'appareiller dans les 72 heures qui suivent l'entrée en réparation.

réparations sont le plus souvent longues. L'indisponibilité des matériels varie généralement de quelques semaines à quelques mois.

Dans le MCO aéronautique, le NTI 3 concerne des opérations très techniques. Il s'agit des « grandes visites » (*e.g.* retrofit, entretien moteur) où les aéronefs sont souvent entièrement démontés. Leur indisponibilité varie alors de plusieurs semaines à plusieurs mois. Ces grandes visites font appel à du personnel aux connaissances très spécifiques et nécessitent des moyens dont les armées ne sont pas dotées en raison d'investissements trop importants. Sur le plan macroéconomique, les dépenses du NTI 3 correspondent à 50 % des dépenses de MCO aéronautique et sont programmables (Fréville 2008, p.49). Ces opérations sont très souvent externalisées.

Pour les matériels terrestres, le NTI 3 concerne des opérations d'ampleur importante comme la révision complète du moteur d'un char ou encore la mise à jour complète du système de tir d'un blindé. Les périodes d'indisponibilité des blindés vont également de plusieurs semaines à plusieurs mois.

Dans le MCO naval, le NTI 3 désigne les entretiens majeurs ou « grands carénages ». Ce niveau concerne l'entretien, les réglages complexes, les réparations majeures, les modifications et échanges d'ensembles et de sous-ensembles. Ces grandes visites permettent une révision complète du bâtiment en cale sèche et se traduisent par une indisponibilité périodique pour entretien et réparation (IPER) allant de quelques mois pour les navires de surface – quatre mois et demi pour un Aviso – à plus d'une année – entre dix-huit et vingt-quatre mois pour les SNLE –. Les activités de MCO du NTI 3 pèsent sur la disponibilité du bateau pour une durée de plusieurs mois.

Ces opérations de NTI 3 sont effectuées par les établissements à caractère industriel. Ces établissements sont les industriels (*e.g.* DCNS, STX-MCO, Piriou, Thales ou MBDA) et le SLM. Théoriquement, le SLM et les industriels ne réalisent pas les mêmes interventions. Néanmoins, dans les faits les chevauchements sont fréquents. Si lors des travaux de NTI 3, le SLM n'est théoriquement pas supposé intervenir, il arrive qu'il intervienne parfois dans la mesure où il dispose en permanence de personnel qualifié, ce qui évite à la marine d'avoir recours à un prestataire extérieur.

d) Niveaux techniques d'intervention (NTI) et paramètres du modèle

Nous pouvons caractériser les opérations de NTI par les paramètres du modèle : niveau de moyens industriels (F), le coût de transport (T) et le CSO. Chacun de ces

paramètres peut prendre plusieurs valeurs (que nous résumons à trois pour simplifier ici) : élevé/moyen/faible.

Le NTI 3 se caractérise clairement par des moyens industriels plus importants que le NTI 2 et que le NTI 1. La valeur de *F* est respectivement plus élevée au NTI 3 qu'au NTI 2 puis qu'au NTI 1.

Concernant les coûts de transport, nous pensons que c'est du côté de la fréquence qu'il faut lire l'intensité du paramètre. Le NTI 1, niveau le plus proche des matériels se caractérise par des interventions plus fréquentes que le NTI 2 ou que le NTI 3 (fréquemment planifié à l'avance). En conséquence, nous admettons un coût de transport élevé pour le NTI 1, moyen pour le NTI 2 et faible pour le NTI 3.

Enfin, du côté du CSO, la lecture est plus complexe. Nous pensons que c'est plus à travers le degré d'urgence qu'il convient de lire la valeur du paramètre. Le NTI 1, plus proche des matériels et donc du lieu d'utilisation de ces derniers se caractérise par un degré d'urgence relativement plus important que les deux autres niveaux, et donc un CSO potentiellement plus important. Concernant le NTI 3, activités stratégiques mais planifiables, il est possible d'admettre un niveau faible sous réserve que la flotte soit capable d'assurer ses fonctions pendant la maintenance programmée. En revanche, lorsque la taille de la flotte passe sous un certain seuil ou en temps de guerre – situation extrême –, le CSO du NTI 3 peut au contraire être très élevé[203].

Tableau 16 : Les trois niveaux du MCO et les paramètres du modèle

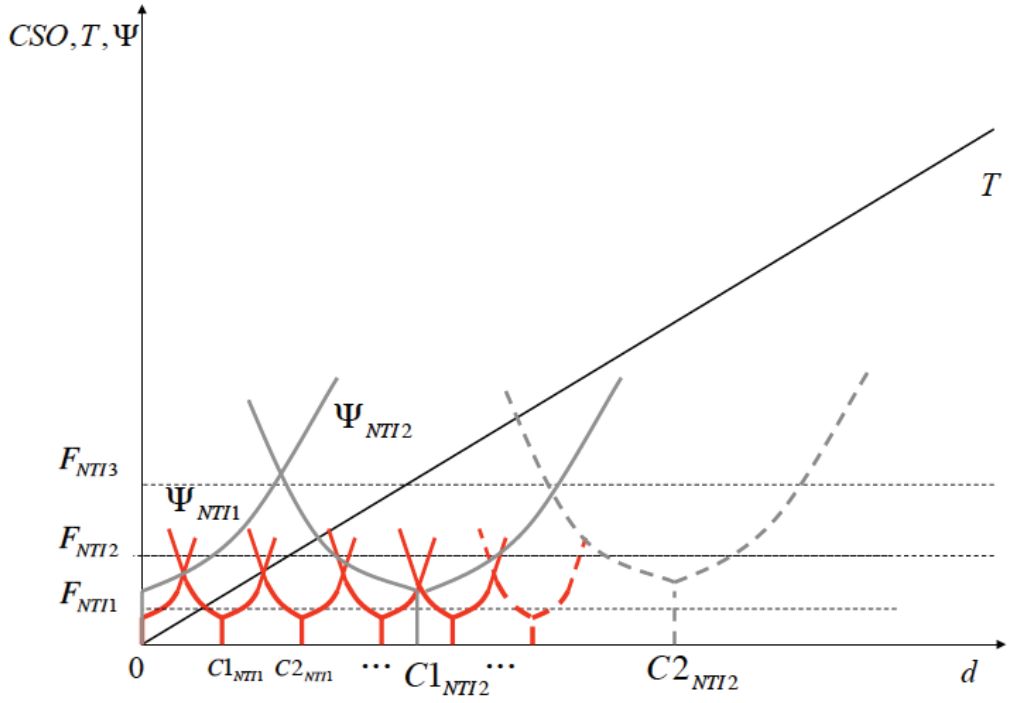
	NTI 1	**NTI 2**	**NTI 3**
Moyens industriels :coût de l'infrastructure (*F*)	+	++	+++
Coût de transport (*T*)	+++	++	+
Indisponibilité et CSO	+++	++	+

Légende : +++ Très important ; ++ Moyennement important ; + Faiblement important

En suivant le paramétrage du tableau précédent, le schéma suivant, esquisse une configuration spatiale à trois niveaux, assez proche de ce que l'on peut observer dans le MCO (NTI 3, NTI 2 et NTI 1). Nous illustrons en prenant le cas du MCO aéronautique :

[203] Cette observation joue en faveur d'une prise en compte du contexte lors de l'organisation spatiale du MCO. Ceci souligne qu'une évolution du contexte peut rationnellement justifier une relative dispersion des centres assurant des interventions relevant du NTI 3.

Figure 81 Configuration spatiale du MCO avec trois Niveaux Techniques d'Intervention



Pour le NTI 1, la configuration spatiale est dispersée, traduisant un CSO élevé et surtout des coûts de transports élevés en raison de la fréquence des opérations de MCO à ce niveau. Nous considérons qu'il s'agit là des implantations de bases militaires réalisant les petites opérations de maintenance (*e.g.* entretien léger des blindés ou des aéronefs sur base) et pour lesquelles le critère de l'urgence revêt un caractère important.

Le NTI 2 est l'échelon intermédiaire. Sur le schéma ci-avant, la configuration spatiale des centres de maintenance de NTI 2 est plus concentrée que celle du NTI 1, avec une fonction Ψ incorporant un CSO moyennement croissant avec la distance. Nous considérons qu'il peut s'agir par exemple des niveaux de MCO des Ateliers Industriels Aéronautiques ou des ateliers du SMITer pour le MCO terrestre.

Pour le NTI 3, afin de simplifier la représentation graphique, nous supposons un CSO nul, mais un coût de transport positif. En effet, si les activités du NTI 3 peuvent être stratégiques, elles sont souvent planifiables (*e.g.* grandes visites des aéronefs, grands carénages des sous-marins). Leur durée est souvent importante, mais sous réserve d'une certaine taille de la flotte, il est possible d'attribuer à ce niveau industriel un CSO faible (ici nul par souci de simplification). Compte tenu du niveau élevé des coûts fixes à ce NTI, la distance entre deux centres assurant un NTI 3 sera alors importante. *A priori*, ces activités peuvent davantage être centralisées. Il s'agit là d'un grand centre de maintenance lourde,

parfois unique comme dans le cas du MCO des moteurs du Rafale effectué à Bordeaux. L'unicité de ce site de production n'est pas anodine. Il s'agit en effet d'une des infrastructures les plus coûteuses du MCO.

Cette configuration spatiale du MCO évolue vers plus de réalisme. Elle n'est pas sans rappeler la configuration spatiale des « places centrales » décrite par le géographe Christaller (Christaller, 1933). Nous mobilisons en effet des concepts présents chez Christaller (*e.g.* espace géographique homogène, coût de déplacement proportionnel à la distance, économie d'échelle – bien que ce dernier concept soit quasi inexploité chez Christaller –)[204]. Mais, dans la mesure où les fonctions « d'ordre supérieur « (NTI 3 ici) n'incluent pas les fonctions « d'ordre inférieur », l'approche fait aussi penser à celle de Lösch (1940)[205]. Elle s'en écarte cependant, dans la mesure où, en raison de la nature des activités militaires analysées, il nous est impossible de faire référence aux prix de marché ou à des fonctions de demande, notions qui sont présentes dans le modèle de Lösch.

L'évolution de la technologie peut nuancer fortement la configuration spatiale décrite dans ce modèle. En effet, si l'on considère que les armées s'orientent plutôt vers des matériels nécessitant un mélange de petit correctif avec une forte fréquence, en lieu et place d'une maintenance préventive classique – ce qui est le cas lors du passage du Mirage 2000 au Rafale dans l'armée de l'air –, la distance entre le centre de maintenance et le lieu d'utilisation d'un matériel est susceptible de jouer un rôle plus important qu'on ne le pense. La maintenance corrective est en effet, par définition plus difficile à planifier, et donc à centraliser (surtout sur des matériels modernes, en début vie, dont on ignore les lois de probabilité de panne).

Conclusion de la section 1

Ce modèle très simple a proposé une première formalisation des principaux paramètres sous-jacents aux configurations spatiales du MCO des matériels de défense sur un espace donné. Faut-il produire le MCO en configuration spatiale concentrée ou en configuration spatiale dispersée ?

Selon un arbitrage classique d'économie spatiale, une première configuration spatiale résulte des coûts des infrastructures qui incitent à concentrer le MCO, et des coûts de transport qui contrebalancent les avantages résultant de la concentration. Cependant, cette

[204] *cf.* Beguin, 'La région et les lieux centraux' *in* Ponsard (1988, p.231–275)

[205] Pour une présentation synthétique du modèle de Lösch, nous renvoyons à Camagni (1996, p. 226-230).

vision purement économique du MCO fait abstraction de la fonction sociale des armées, c'est-à-dire produire un service de défense comme bien public.

Nous avons alors introduit un Coût Social Opérationnel (CSO) comme paramètre stratégique. Nous supposons que l'opérationnalité, qui dépend du temps, est aussi dépendante de la distance. En conséquence, une distance élevée entre un centre et une base peut se traduire par un CSO élevé et réciproquement. Dans ce modèle simple, l'enjeu pour le décideur public consiste à parvenir à une configuration spatiale « raisonnable » entre efficacité économique et militaire.

Finalement, les paramètres classiques de l'économie spatiale, combinés avec un paramètre stratégique, permettent d'intégrer certaines spécificités des armées dans l'explication de la configuration spatiale du MCO. L'introduction du CSO révèle logiquement une configuration spatiale plus dispersée. La prise en compte de l'ensemble des coûts liés à la distance dans le modèle freine la concentration et maintient une dispersion relativement forte, ceci en dépit de paramètres économiques qui poussent à la concentration. L'évolution de la technologie militaire – et notamment le rapport des matériels à l'espace – peut bouleverser cette configuration spatiale. Le modèle décrit relativement bien les conséquences de l'évolution des technologies militaires en matière d'organisation spatiale.

Pour plus de réalisme, nous faisons ensuite évoluer le modèle en distinguant plusieurs niveaux dans le MCO. Notre connaissance du secteur du MCO nous laisse en effet suggérer que la logique spatiale du MCO doit être pensée par niveaux ou degré de moyen industriel. La fragmentation du MCO en trois niveaux s'insère dans le modèle et permet de décrire une configuration spatiale du MCO plus proche de ce qui est observé dans la réalité. Le découpage par NTI dans le modèle explique alors les configurations réellement observées dans la réalité. La « petite maintenance » – avec un CSO élevé et des coûts d'infrastructure faibles – est réalisée de façon dispersée à proximité des matériels, tandis que la « grosse maintenance » – avec un CSO plus faible parce que planifiable et des coûts d'infrastructures élevés – est réalisé de façon concentrée.

Section 2 : Le « basculement » du MCO d'une configuration spatiale concentrée vers une configuration spatiale dispersée

En réponse à l'augmentation des coûts du MCO, un rapport du Sénat de 2008 préconisait de « *centraliser le MCO* » (Fréville 2008, p.50). En d'autres termes, il s'agit de faire « basculer » la production de MCO vers une configuration spatiale plus concentrée. Dans cette section, nous nous intéressons alors à cette éventualité d'un « basculement » du MCO d'une configuration spatiale dispersée vers une configuration spatiale concentrée.

Notre démarche propose un cadre d'interprétation simplifié de ce qui peut être observé dans le MCO. Nous considérons que le décideur public organise le MCO dans l'espace avec le choix entre seulement deux configurations. Une première configuration, dite « dispersée » dans laquelle deux « petits centres » répartis de façon optimale dans l'espace et une deuxième configuration dite « concentrée », dans laquelle un « grand centre » dessert la totalité de l'espace considéré. Sur le plan analytique, nous approfondissons la formalisation des idées développées dans la section précédente.

Quels sont les facteurs incitant à basculer d'une configuration spatiale à une autre ? Quelles sont les conséquences de l'adoption de telle ou telle configuration ?

Dans un premier temps, nous calculons l'écart entre les coûts des deux configurations spatiales. Dans un second temps, nous examinons l'influence des paramètres de base du modèle sur les choix de configuration spatiale. Le modèle nous sert de cadre d'analyse pour discuter de l'influence et du poids relatif des différents paramètres au regard de ce qui est observé dans l'histoire du MCO sur la période allant de la fin des années 1950 à nos jours. Nous terminons par une illustration basée sur l'étude de cas de la future configuration spatiale du MCO des sous-marins nucléaires français.

2.1 Modèle, paramètres et configurations spatiales du MCO

a) Bases du modèle

i) Dotation budgétaire et potentiel d'économies d'échelle

Le décideur public implante des centres de MCO ayant une dotation budgétaire. Cette dotation couvre les frais liés au fonctionnement d'un centre et notamment le coût des infrastructures (*e.g.* frais d'infrastructures nécessaires au fonctionnement d'un centre comme une grue, un banc d'essai pour les moteurs, un bassin de carénage).

Lorsqu'on envisage une concentration spatiale du MCO, c'est bien dans le but de réduire les coûts. La concentration n'a en effet de sens que si le regroupement de la production est potentiellement générateur d'économies d'échelle liées à un centre plus grand. Nous supposons que la dotation budgétaire prend une valeur lorsque la maintenance est concentrée (F_c) et une autre valeur lorsque la maintenance est dispersée (F_d) :

$$F_c = (1 + \lambda)F_d \tag{4.4}$$

Avec : $F_d > 0$ et $0 < \lambda < 1$. Plus λ est petit et plus les rendements d'échelle sont élevés, $\lambda = 1$ correspond à des rendements d'échelle constants et $\lambda = 0$ à des rendements infinis. Le paramètre λ est à considérer à la lumière des facteurs explicatifs des économies d'échelle dans le MCO :

Lois physiques ou statistiques. Les effets « de cuve »[206] peuvent engendrer des économies d'échelle. Ces effets se présentent lorsque l'évolution des coûts dépend des surfaces alors que celle de la production dépend des volumes. Ces phénomènes poussent à accroître la taille des équipements (*e.g*. moteurs, camions, avions, bateaux, fourneaux, aérostats) (Hourcade, 1985). Dans l'étude de Haldi et Whitcomb (1967), deux tiers des cas d'économies d'échelle observés dans l'industrie correspondent à ces phénomènes. Dans le MCO, un centre de maintenance est susceptible d'accueillir des infrastructures se présentant sous forme « d'enveloppes » (*e.g.* hangars de stockage).

Dans le même ordre d'idée, Prager et Thisse (2010, p. 20) considèrent qu'au Moyen-âge l'enceinte d'une ville (un cercle) constituait un bien collectif. Si le coût varie en fonction du périmètre (les remparts), davantage d'individus peuvent être défendus lorsque la taille de la ville augmente pour un coût moyen plus faible par unité de superficie défendue. Ces formes d'économies sont intéressantes dans la mesure où la plupart des installations militaires doivent être surveillées et protégées.

[206] Phénomènes physiques importants dans l'industrie. Dans la littérature on trouve aussi l'expression de phénomènes « de tube ». Beaucoup d'équipements industriels se présentent en effet sous la forme générale de cuves (ou « d'enveloppes » avec un « produit à l'intérieur »). Par exemple, un avion est « une cuve » où sont transportés des passagers et du fret. À forme identique, la surface augmente comme le carré d'une dimension de la cuve alors que la capacité de la cuve varie au contraire comme le cube de cette dimension.

Enfin, d'autres économies d'échelle sont basées sur des lois statistiques (Peaucelle, 2000). Un centre plus grand permet par exemple de réduire « l'effet variabilité » dans la demande de MCO. Des infrastructures inemployées étant coûteuses, des économies d'échelle peuvent résulter d'un taux d'occupation plus élevé.

Nature des facteurs de production. La littérature considère que l'indivisibilité des équipements est un facteur fondamental dans l'explication des économies d'échelle (Blaug, 1999, p. 557). L'indivisibilité signifie que certaines infrastructures ou équipements ne peuvent exister en deçà d'une certaine dimension (Camagni, 1996, p. 25). Elle repose sur des facteurs physiques, technologiques ou légaux dans la production. Dans le MCO par exemple, il est impossible de n'utiliser que la moitié d'un banc d'essai. *Idem* pour une piste d'atterrissage ou d'un bassin de carénage. De même, en raison des contraintes légales du droit du travail, il est impossible d'employer un ingénieur ou un technicien pour n'importe quelle durée de travail.

Division du travail. En combinant des gains de temps et des effets d'apprentissage dans la production, la spécialisation de la main d'œuvre est source de gains de productivité. La description de ce phénomène est ancienne (*cf.* Smith (1776) ou Marshall (1890)). Chez Smith, plus la division du travail est forte, plus l'habileté des ouvriers est grande et plus la productivité est élevée.

La littérature considère que la spécialisation du travail est généralement plus forte dans des unités de production de plus grande taille. La spécialisation participe à la diminution du coût moyen. L'augmentation de la taille des unités de production permet en effet de séparer plus facilement les tâches et de les optimiser, ce qui génère des gains de productivité. Avec la division du travail, la main d'œuvre se spécialise et devient de plus en plus productive en disposant de savoir-faire précis et d'une meilleure connaissance du segment de production. La spécialisation favorise aussi la mise en place de nouveaux modes d'organisation du travail potentiellement source de gain de productivité.

En introduisant une dimension temporelle dans le changement d'échelle, la division du travail va se combiner avec des effets d'apprentissage, croissants avec la quantité produite et les routines qui s'instaurent[207]. Ces effets de spécialisation sont observables dans le MCO,

[207] Il faut tout de même noter que le concept d'apprentissage se distingue de l'effet des économies d'échelle parce qu'il relie la baisse des coûts et la production cumulée, depuis le début de la fabrication (autrement dit on introduit le temps). La prise en compte de la dimension temporelle fait que ces économies ne sont pas vraiment

notamment aéronautique où les AIAé sont spécialisés par métiers dans le but explicite d'accroître la productivité des sites (Langlois, 1999, p. 62). On observe des phénomènes semblables dans les MCO terrestre et naval.

Extension du « pouvoir de marché ». D'autres économies d'échelle sont liées au fonctionnement des marchés et orientées vers la demande[208]. Elles s'observent lorsque le coût unitaire d'un input est d'autant plus faible que le volume d'input demandé est élevé. Une grande unité de production peut alors acquérir des facteurs de production à un coût plus faible du fait d'achat en grandes quantités. Dans le MCO, ces économies peuvent avoir leur importance *via* les marchés globaux passés par les structures centrales (*e.g.* SIMMAD, SIMMT, SSF).

ii) Espace, coût de transport et coût social opérationnel

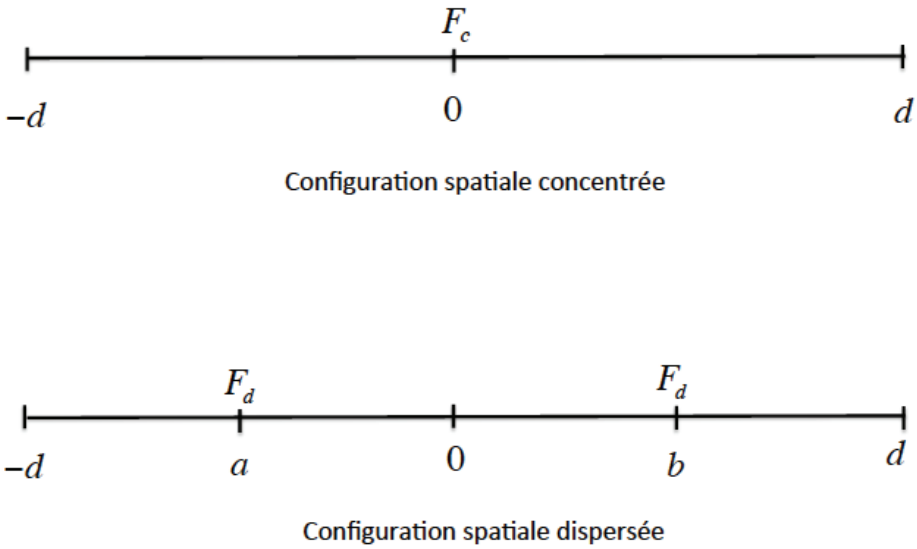
Les centres de maintenance sont localisés en $x \in [-d, d]$. Nous supposons que le décideur public peut choisir entre deux configurations possibles. Une première configuration, dite « concentrée » avec un « grand centre » localisé au milieu du segment $[-d, d]$ et une deuxième configuration avec deux « petits centres », disposés de façon optimale sur ce même segment. Comme dans la première section de ce chapitre, le coût unitaire de transport est linéaire en la distance. Les deux configurations spatiales possibles peuvent être représentées comme suit :

---

des économies d'échelle au sens « classique » (Silberstone, 1972, p. 387). Le fait de se référer aux termes de court et longue période peut être trompeur sur ce point. « *Les notions de courte et de longue période doivent se définir en fait en fonction d'un temps opérationnel qui n'a rien à voir avec le temps réel d'horloge* » (Glais, 1975, p. 102)

[208] Bien que ces économies ne soient pas des économies d'échelle technologiques (voir à ce sujet Picard (2011, p.208)) nous choisissons de les intégrer dans les économies d'échelle liées au MCO.

Figure 82 Le MCO en configuration spatiale concentrée ou dispersée



Source : conception de l'auteur

Comme dans la première section de ce chapitre, la distance engendre un CSO. Nous faisons l'hypothèse d'un CSO donné par la relation suivante :

$$CSO = A + \int_d \alpha x^{\beta} dx \qquad (4.5)$$

Avec A, α et β des paramètres ($A > 0$, $\alpha > 0$ et $\beta > 1$). Le paramètre β exprime notamment la sensibilité du CSO à la distance. Nous faisons en outre l'hypothèse que la partie non liée à la distance du CSO est plus faible en configuration dispersée qu'en configuration concentrée. En configuration concentrée, la partie non liée à la distance est égale à A. En configuration dispersée elle est simplement égale à $\frac{A}{2}$. Sans perte de généralité, cette réduction de la partie non liée à la distance permet d'exprimer très simplement l'idée selon laquelle toutes choses égales par ailleurs, un espace mieux couvert permet de jouer sur la partie non-liée à la distance. En ce sens, une configuration dispersée réduit le risque opérationnel non lié à la distance.

b) Coût des configurations

Afin d'étudier l'influence des différents paramètres sur les choix de configuration, nous comparons le coût en configuration concentrée avec celui en configuration dispersée. Pour cela, nous étudions l'écart entre le coût de la configuration dispersée et le coût de la configuration concentrée.

i) Coût en configuration dispersée

Calculons d'abord le coût en configuration dispersée (C_d). Nous supposons que la configuration spatiale dispersée implique deux localisations différentes (un premier centre localisé en $x = a$ et un second centre localisé en $x = b$). Soit T_d le coût de transport[209] en configuration dispersée :

$$T_d = 4\int_0^{d/2} \tau x dx \tag{4.6}$$

$$T_d = 4\tau \left[\frac{x^2}{2}\right]_0^{d/2} \tag{4.7}$$

$$T_d = \frac{\tau d^2}{2} \tag{4.8}$$

Soit CSO_d le coût social opérationnel en configuration dispersée :

$$CSO_d = \frac{A}{2} + 4\int_0^{d/2} \alpha x^{\beta} dx \tag{4.9}$$

$$CSO_d = \frac{A}{2} + \frac{4\alpha}{\beta + 1} \cdot \frac{d^{\beta+1}}{2^{\beta+1}} \tag{4.10}$$

Calculons le coût total en configuration dispersée.

Le coût total en configuration dispersée est donc : $C_d = 2F_d + T_d + CSO_d$

$$\boxed{C_d = 2F_d + \frac{\tau d^2}{2} + \frac{A}{2} + \frac{4\alpha}{\beta + 1} \cdot \frac{d^{\beta+1}}{2^{\beta+1}}} \tag{4.11}$$

ii) Coût en configuration concentrée

Calculons le coût en configuration concentrée (C_c). Soit T_c le coût de transport en configuration concentrée :

$$T_c = 2\int_0^{d} \tau x dx \tag{4.12}$$

$$T_c = 2\tau \left[\frac{x^2}{2}\right]_0^{d} \tag{4.13}$$

$$T_c = \tau d^2 \tag{4.14}$$

Soit CSO_c le coût social opérationnel en configuration concentrée :

[209] Cette façon de modéliser le coût de transport est relativement courante dans la littérature (voir par exemple Combes *et al.* (2006, p.56) pour une présentation de ce type de modélisation dans l'arbitrage entre coûts de transport et coûts fixes).

$$CSO_C = A + 2\int_0^d \alpha x^\beta dx \tag{4.15}$$

$$CSO_C = A + \frac{2\alpha}{\beta+1} d^{\beta+1} \tag{4.16}$$

Calculons le coût total en configuration concentrée. Comme $C_c = F_c + T_c + CSO_c$ et que $F_c = (1+\lambda)F_d$, le coût en configuration concentrée s'écrit :

$$\boxed{C_c = (1+\lambda)F_d + \tau d^2 + A + \frac{2\alpha}{\beta+1} d^{\beta+1}} \tag{4.17}$$

iii) Ecart entre les coûts

Dans le modèle, lorsque $C_c = C_d$, produire en configuration concentrée est aussi intéressant que produire en configuration dispersée, c'est à dire lorsque :

$$(1+\lambda)F_d + \tau d^2 + A + \frac{2\alpha}{\beta+1} d^{\beta+1} = 2F_d + \frac{\tau d^2}{2} + \frac{A}{2} + \frac{4\alpha}{\beta+1}.\frac{d^{\beta+1}}{2^{\beta+1}} \tag{4.18}$$

L'écart entre la configuration spatiale dispersée et la configuration spatiale concentrée est donné par :

$$\boxed{C_c - C_d = \left[\frac{\tau d^2}{2} + \frac{2\alpha}{\beta+1}.d^{\beta+1}\left(1 - \frac{1}{2^\beta}\right)\right] - [(1-\lambda)F_d] + \frac{A}{2}} \tag{4.19}$$

Cette dernière équation pose les termes de l'arbitrage. Elle sert de base pour illustrer l'influence de chacun des paramètres du modèle sur les choix de configuration spatiale, puis pour discuter de la variation de ces paramètres au regard de ce qui est observé dans l'évolution historique du MCO. La première expression entre crochets est liée à la distance avec deux composantes : le coût de transport et le CSO (dont le rapport à la distance dépend des valeurs des paramètres α et β). La deuxième expression entre crochets est liée aux paramètres de production. Enfin, on retrouve la partie non-liée à la distance du CSO ($^A/_2$).

2.2 Influence des paramètres sur la configuration spatiale du MCO

L'équation des termes de l'arbitrage est fonction de tous les paramètres du modèle. Elle peut se réécrire de la façon suivante :

$$C_c - C_d = f(d, F_d, \lambda, \tau, \alpha, \beta, A) \tag{4.20}$$

Nous étudions successivement les influences de la taille de l'espace, de la dotation budgétaire, des économies d'échelle, du coût de transport et du CSO sur l'écart entre les coûts des deux configurations spatiales.

a) Influence de la taille de l'espace sur la configuration spatiale

Etudions l'influence d'une variation de d sur l'arbitrage :

$$\frac{\partial f}{\partial d} = \tau d + 2\alpha\left(1 - \frac{1}{2^{\beta}}\right)d > 0 \tag{4.21}$$

Comme f est une fonction croissante de d, lorsque d augmente, cela signifie que l'écart entre les deux configurations s'accroît et que le décideur public est moins incité à adopter la configuration concentrée. Autrement dit, un « grand territoire » – ou un territoire qui s'agrandit – favorise l'adoption d'une configuration spatiale dispersée.

b) Influence des paramètres de production sur la configuration spatiale

Il s'agit ici d'étudier l'influence des paramètres de production, à savoir F_d, paramètre de « taille du centre », et de λ, paramètre de « potentiel d'économies d'échelle », sur la configuration spatiale du MCO.

Etudions d'abord l'effet d'une variation de F_d sur l'arbitrage :

$$\frac{\partial f}{\partial F_d} = \lambda - 1 < 0 \text{ (car } \lambda \in [0,1]) \tag{4.22}$$

f est donc décroissante en fonction de F_d. L'écart de coût entre les deux configurations est d'autant plus faible que F_d est élevé. Autrement dit, une dotation budgétaire importante favorise l'adoption d'une configuration spatiale concentrée.

Étudions maintenant l'effet d'une variation de λ sur l'arbitrage (avec $\lambda \in [0,1]$) :

$$\frac{\partial f}{\partial \lambda} = F_d > 0 \tag{4.23}$$

f est donc croissante en fonction de λ. Lorsque $\lambda \to 1$, *i.e.* moins le potentiel d'économies d'échelle est élevé, plus la configuration spatiale dispersée est intéressante à adopter pour le décideur public. Inversement, lorsque le potentiel d'économies d'échelle est élevé, *i.e.* lorsque $\lambda \to 0$ la configuration spatiale concentrée devient plus intéressante. Autrement dit, un fort potentiel d'économies d'échelle favorise l'adoption d'une configuration spatiale concentrée.

c) Influence du coût de transport sur la configuration spatiale

Le coût de transport est un premier paramètre lié à la distance. Étudions l'effet d'une variation de τ sur l'arbitrage :

$$\frac{\partial f}{\partial \tau} = \frac{d^2}{2} > 0 \tag{4.24}$$

f est donc croissante en fonction de τ. Un coût de transport élevé favorise l'adoption d'une configuration spatiale dispersée.

d) Influence du CSO sur la configuration spatiale

Le coût social opérationnel est un autre paramètre lié à la distance dans le modèle. Il est composé de deux parties : une partie non liée à la distance (A) et une partie liée à la distance qui dépend des valeurs de α et β. Etudions d'abord l'effet d'une variation de A sur l'arbitrage :

$$\frac{\partial f}{\partial A} = \frac{1}{2} > 0 \tag{4.25}$$

Comme f est une fonction croissante de A, des valeurs élevées de A favorisent l'adoption d'une configuration spatiale dispersée. A étant un paramètre contextuel lié à la « menace », toutes choses égales par ailleurs, lorsque la menace est forte, le décideur est incité à adopter une configuration spatiale dispersée. Intéressons nous maintenant à la partie liée à la distance :

$$\frac{\partial f}{\partial \alpha} = \frac{2}{\beta + 1} . d^{\beta+1} \left(1 - \frac{1}{2^\beta}\right) > 0 \tag{4.26}$$

et

$$\frac{\partial f}{\partial \beta} = \frac{2\alpha d^{\beta+1}}{(\beta+1)^2 . 2^\beta} \left[\left(2^\beta - 1\right)\left(\ln(d) . (\beta+1)2^\beta - 1\right) + (\beta+1)\ln(2)\right] \tag{4.27}$$

f est une fonction croissante de α. L'interprétation de l'équation (4.27) est plus difficile. Néanmoins, pour d « assez grand » ($d \geq e$), $\frac{\partial f}{\partial \beta} \geq 0$, f est une fonction croissante de β. On en conclut que plus le CSO est sensible à la distance – valeurs élevées de α et de β – plus le décideur est incité à adopter la configuration dispersée.

Tableau 17 : Variation des paramètres du modèle et effet sur la configuration spatiale « toutes choses égales par ailleurs »

Para-mètre	Signification	Dépend…	Varia-tion	Conséquences = tendance à adopter une configuration:
F_d	Dotation budgétaire	De la taille du centre, du coût de la technologie militaire.	Δ^+	concentrée
			Δ^-	dispersée
λ	Potentiel d'économies d'échelle $\lambda \in [0,1]$	Des technologies de maintenance, de la nature des infrastructures, des structures de passation de marchés.	Δ^+	dispersée
			Δ^-	concentrée
τ	Coût de transport	Des progrès dans les techniques de transport, des caractéristiques intrinsèques des matériels.	Δ^+	dispersée
			Δ^-	concentrée
d	Taille de l'espace	Des caractéristiques du pays, de sa politique étrangère (d'éventuelle expansion notamment).	Δ^+	dispersée
			Δ^-	concentrée
β	Sensibilité du CSO à la distance	Du contexte et des technologies de défense mobilisées.	Δ^+	dispersée
			Δ^-	concentrée
α	Sensibilité du CSO à la distance	*Idem* que β	Δ^+	dispersée
			Δ^-	concentrée
A	Partie du CSO non-liée à la distance	Du contexte (*e.g.* guerre ou paix).	Δ^+	dispersée
			Δ^-	concentrée

Cette étude de l'influence des différents paramètres du modèle sur l'écart entre les configurations spatiales du MCO permet d'éclairer le basculement d'une configuration spatiale à une autre. Illustrons maintenant notre propos en connectant le modèle à différentes phases stylisées dans l'évolution du MCO.

2.3 Le basculement d'une configuration spatiale dispersée à une configuration spatiale concentrée

Sur la base de la variation des paramètres explicités dans le modèle, nous illustrons comment, le décideur public peut avoir intérêt à basculer d'une configuration spatiale dispersée à une configuration spatiale concentrée. Pour cela nous considérons deux périodes (t_0 et t_1). En t_0, le décideur public couvre l'espace avec une configuration dispersée. Nous apportons des justifications économiques et stratégiques à ce choix de configuration spatiale.

Puis nous examinons comment, en t_1, les évolutions des paramètres peuvent inciter le décideur public à basculer vers une configuration concentrée.

a) La configuration spatiale dispersée comme héritage de l'histoire

Intéressons nous au dimensionnement de l'outil de production du MCO d'un pays comme la France. Historiquement, nos observations tendent à montrer que la configuration spatiale observée est plutôt dispersée. L'étude des paramètres du modèle permet de légitimer le choix du décideur public en faveur de cette configuration.

D'abord, nous avons vu que pour un territoire suffisamment grand, le décideur public adopte la configuration dispersée. Ceci vient des bases du modèle, où lorsque le territoire grandit, il arrive un moment où les coûts de transport de l'unique centre deviennent trop importants et il devient plus avantageux de produire avec deux centres. Dans ce qui suit, nous supposons que la taille du territoire est donnée et suffisamment grande pour justifier la configuration spatiale dispersée.

Voyons alors comment, indépendamment de la taille du territoire, les autres paramètres du modèle incitent à adopter la configuration spatiale dispersée.

Dans un premier temps, considérons les incitations économiques.

D'abord, la configuration dispersée permet de réduire le coût de transport. Cette configuration est bien entendu d'autant plus intéressante à adopter que les coûts de transport sont élevés.

Ensuite, l'étude de l'influence de F_d sur l'écart entre les coûts des deux configurations montre que lorsque F_d est plutôt petit, le décideur a intérêt à choisir une configuration dispersée. La dotation budgétaire pour un centre a d'autant plus de chance d'être peu élevée que les matériels se caractérisent par une maintenance peu intense en capital – infrastructures et outillage – et un travail faiblement ou moyennement qualifié. De telles caractéristiques correspondent aux matériels d'ancienne génération. Par ailleurs, notons qu'une fois la configuration spatiale dispersée adoptée, toute réduction de la dotation budgétaire tend à favoriser le maintien dans une configuration spatiale dispersée. F_d peut notamment diminuer si les centres enregistrent un « effet volume » lié par exemple au retrait progressif du service des « anciennes générations de matériels » (*e.g.* Mirage F1 dans l'armée de l'air, Gazelle ou

Cougar dans l'armée de terre)[210]. Cet argument joue en faveur du maintien en activité de sites de maintenance en période de décroissance des flottes, phénomène observé depuis les années 1990 jusqu'à aujourd'hui.

Dans un second temps, considérons les incitations stratégiques.

La configuration en dispersé permet aussi de mieux couvrir l'espace d'un point de vue militaire. Le choix de la configuration dispersée est renforcé lorsque le paramètre reliant le CSO à la distance s'accroît – β élevé – et que la partie non liée à la distance du CSO est élevée – A élevé –.

Concernant le CSO, compte tenu du contexte géostratégique de la guerre froide – et notamment les prépositionnements stratégiques imposés sur le territoire national – β avait probablement une valeur plus élevée il y a 40 ans qu'aujourd'hui. Ce même contexte de guerre froide incite à penser que A avait certainement une valeur plus élevée sur cette période qu'aujourd'hui.

Finalement, nous retenons que la configuration dispersée se justifie parce qu'elle permet de mieux couvrir l'espace et de mieux assurer la présence militaire (CSO plus faible). Elle est d'autant plus intéressante que la dotation budgétaire liée au fonctionnement du centre est faible, que le degré d'économies d'échelle est faible ($\lambda \to 0$), que les coûts de transport sont élevés et que le CSO est élevé. Cette configuration spatiale est « héritée de l'histoire ». De façon schématique, ces caractéristiques peuvent correspondre à l'implantation de centres de maintenance sur le territoire pour une armée moderne et mécanisée[211]. La configuration spatiale observée est alors relativement dispersée[212].

b) Basculement vers une configuration spatiale concentrée

Suivons le fil de l'histoire et examinons comment l'évolution des paramètres peut inciter à basculer d'une configuration spatiale à une autre. Examinons d'abord les arguments économiques allant dans ce sens.

---

[210] Ceci est cohérent avec les faits puisqu'on observe une forte décroissance du volume des matériels à entretenir (*cf.* Chapitre 2 de la thèse, section 2).

[211] Pour de plus amples précisions sur le contexte de cette période et le dimensionnement de l'armée en France, se référer à la section 1 du chapitre II (notamment la présentation du Livre Blanc de 1972).

[212] Bien entendu, le degré de dispersion dépend des matériels considérés. Nous avons en effet observé ci-avant que la configuration spatiale du MCO des matériels terrestres est par exemple plus dispersée que celle des matériels aéronautiques ou navals.

D'abord, la configuration concentrée induit un coût de transport plus élevé. Cette configuration est d'autant plus intéressante que les coûts de transport sont faibles. Autrement dit, les progrès entrepris dans la réduction des coûts de transport, vont jouer en faveur de l'adoption de la configuration concentrée.

Ensuite, examinons l'évolution de la dotation budgétaire. Nous avons vu que la décroissance des flottes jouait comme une force contribuant à faire baisser F_d, ce qui *a priori* favorise le maintien en configuration dispersée. Cependant, cette conclusion fait abstraction de l'évolution technologique et de l'entrée en services des nouveaux matériels. Or, une analyse d'un problème économique lié aux matériels de défense ne peut pas ignorer l'évolution des technologies militaires, a fortiori lorsque la production de défense est conçue dans un « *paradigme basé sur la technologie* » (Bellais 2013).

De générations en générations, les matériels sont de plus en plus complexes et performants. Cette performance a un coût et le MCO des nouveaux matériels nécessite souvent du capital « physique » spécifique (*e.g.* infrastructures) et du capital immatériel (*e.g.* logiciels). De plus, les technologies de maintenance moderne sont relativement intenses en travail très qualifié sous la forme de prestation de service (*e.g.* expertise, conseil). Avec l'évolution des technologies de défense, les infrastructures et les compétences nécessaires au MCO sont plus coûteuses. Toutes choses égales par ailleurs, lorsque les technologies de défense évoluent, la dotation budgétaire d'un centre accueillant des matériels modernes peut augmenter.

Cette augmentation de la dotation budgétaire favorise le basculement vers la configuration spatiale concentrée. Toujours toutes choses égales par ailleurs, cela suggère également qu'une configuration spatiale optimale pour une technologie donnée et pour un contexte donné peut devenir sous-optimale lorsque la technologie change. Cet effet de basculement lié à la croissance de F_d est d'autant plus fort que $\lambda \to 0$ (c'est à dire que le potentiel d'économies d'échelle est important). Autrement dit, l'augmentation des coûts liée à l'évolution des technologies de défense joue comme force poussant à concentrer le MCO. Cette force est amplifiée par le potentiel d'économies d'échelle.

De plus, lorsque le CSO se réduit, toutes choses égales par ailleurs, cela renforce la tendance à adopter la configuration concentrée. Tout ce qui contribue à réduire A joue en faveur de l'adoption d'une configuration spatiale concentrée. *Idem* pour β.

Examinons les facteurs contextuels. Ces derniers jouent un rôle important sur la réduction du CSO et ce pour tous les types de matériels. En temps de paix, on peut par

exemple admettre que la partie non-liée à la distance du CSO est plus faible. De même, un contexte d'absence de menaces directes (ou de conflits) aux frontières contribue à réduire le CSO. Il s'agit bien du cas de la France depuis la fin de la guerre froide[213]. Enfin, toutes choses égales par ailleurs, β sera également plus faible en contexte pacifié.

Examinons ensuite les facteurs spécifiques aux différents matériels. Les arguments sont liés aux technologies mobilisées dans les systèmes d'armes. Les matériels navals restent relativement lents par nature et la valeur de β peut être considérée comme assez élevée, ce qui explique le maintien actuel des deux principaux centres de réparation navale (Brest et Toulon)[214]. Pour les matériels terrestres, le changement de paradigme stratégique – passage à la projection de forces – et le développement de l'aérotransport ont probablement contribué à réduire β. C'est certainement pour les matériels aéronautiques que la réduction de β a été la plus forte, ce qui contribue à expliquer la plus forte concentration spatiale du MCO pour ces matériels[215].

Enfin, un autre argument contribuant à la réduction du CSO lorsque le centre augmente en taille peut être invoqué (« effet taille du centre »). L'effet peut notamment porter sur la partie incompressible du CSO. Nous pouvons par exemple imaginer qu'un centre plus grand est capable d'être plus réactif vis-à-vis du MCO des matériels et donc de traiter un plus grand nombre de matériels dans l'urgence. *A contrario*, un petit centre est plus facilement sujet à des phénomènes de congestion, qui eux-mêmes créent des files d'attente. Si on considère que le temps pour arriver sur la chaîne de traitement est une partie conséquente du CSO, alors un grand centre aura des potentialités de traitement plus importantes, le temps d'attente sera fortement réduit, et *in fine* le CSO associé aussi.

Cet « effet taille du centre » cherche à prendre en compte le fait qu'un grand centre, outre les économies d'échelle standards, peut aussi favoriser la réactivité de la maintenance et contribuer à réduire le CSO. « L'effet taille du centre » contrebalance au moins partiellement l'effet distance du CSO. Stratégiquement parlant, cela fait sens de disposer dans les centres de maintenance d'un certain potentiel industriel. Comme résumait Perrot (1953, p. 57) à propos des arsenaux de la marine, «*la spécificité de l'arsenal ne tient pas dans sa production, mais*

[213] Cette réflexion ne vaut que pour l'organisation du MCO en métropole. En Opex, le CSO reste très élevé.

[214] En revanche, la partie du CSO liée à la distance s'est fortement réduite depuis l'époque de la marine à voile. Une frégate actuelle ne navigue pas à la même allure qu'une frégate du 18ème siècle, un missile de croisière n'a pas le même rapport à la distance qu'un boulet de canon. Ceci contribue à justifier le fait que la concentration s'est tout de même opérée sur chaque façade maritime et notamment au cours du 20ème siècle.

[215] *cf.* section précédente pour davantage de détails sur les évolutions techniques permettant de réduire la valeur de la partie liée à la distance dans le CSO.

dans ses possibilités de production». Formellement, on peut alors reconsidérer le CSO en prenant en compte un « effet taille du centre», exprimé ici par le niveau de F_d :

$$CSO = \tilde{A} + \alpha x^{\beta} \quad (4.28)$$

$$\text{avec } \tilde{A} = A^{1/F_d}$$

Lorsque $F_d \to +\infty$, $\tilde{A} \to 1$ et le CSO devient « très petit ». Autrement dit, la taille du centre rééquilibre en partie le jeu de force entre concentration et dispersion lié au CSO dans son rapport à la distance.

c) Basculement dans la configuration spatiale : entre poids de l'histoire et opportunités technologiques

Lors de la comparaison des coûts entre les différentes configurations, nous avons implicitement supposé une réversibilité totale des configurations. Il en découlait que le centre de maintenance concentré pouvait être implanté de façon optimale lorsqu'on basculait d'une configuration spatiale à une autre. Cela est-il envisageable ? De prime abord, on est tenté de répondre non à cette question. Néanmoins, la prise en compte des évolutions technologiques et notamment des ruptures technologiques peut venir nuancer cette réponse.

Un premier niveau de lecture tend à suggérer que la réversibilité totale est difficilement envisageable. La création d'un nouveau site déconnecté des sites précédents n'est pas toujours envisageable pour des raisons stratégiques, historiques voire socio-environnementales (par exemple, l'acceptation sociale d'installations militaires – parfois nucléaires – peut s'avérer délicate sur le plan social et environnemental).

Compte tenu de la spécificité militaire des activités de MCO, il est donc fort probable que la concentration du MCO se fasse sur un site existant, *i.e.* « un petit centre devient grand ». Dans le modèle, le centre concentré sera localisé en $x = a$ ou en $x = b$. Si cela est le cas, nous parlons de réversibilité partielle. La réversibilité partielle permet de prendre en compte l'histoire et les choix d'implantation initiale[216].

Le coût d'une configuration spatiale en réversibilité partielle est donné par la somme de la dotation budgétaire en concentré (F_c), du coût de transport (T_c) et du CSO (CSO_c), mais pour $x = a$ (ou $x = b$).

[216] Il y a réversibilité dans la mesure où il y a un basculement de configuration du dispersé vers le concentré. Mais, cette dernière est partielle car la localisation a lieu sur un site déjà existant.

$$T_c = \int_0^{d/2} \tau x dx + \int_0^{3d/2} \tau x dx \tag{4.29}$$

$$T_c = \frac{5\tau d^2}{4} \tag{4.30}$$

et

$$CSO_c = \int_0^{d/2} \alpha x^\beta dx + \int_0^{3d/2} \alpha x^\beta dx \tag{4.31}$$

$$CSO_c = \frac{\alpha}{\beta+1} d^{\beta+1} \left(\frac{1+3^{\beta+1}}{2^{\beta+1}} \right) + \frac{A}{2} \tag{4.32}$$

Comme la localisation n'est pas optimale, le coût de transport en situation de réversibilité partielle est supérieur au coût de transport en situation de réversibilité totale. Le CSO est également supérieur. Le coût total de la configuration en réversibilité partielle s'écrit :

$$C_c = (1+\lambda)F_d + \frac{5\tau d^2}{4} + \frac{\alpha}{\beta+1} d^{\beta+1} \left(\frac{1+3^{\beta+1}}{2^{\beta+1}} \right) + \frac{A}{2} \tag{4.33}$$

En matière d'implantation de MCO, l'histoire et donc les choix passés engendrent des effets de *lock-in* sur la localisation des activités de maintenance. Lorsque la localisation est envisagée sur un site historique, le coût en configuration concentrée est supérieur à celui calculé à l'optimum. De ce raisonnement très simple intégrant l'effet de *lock-in*, il est possible de tirer deux conclusions : d'une part, l'effet de *lock-in* retarde le passage en configuration concentrée ; d'autre part, l'effet de *lock-in* peut rendre sous-optimale une configuration spatiale auparavant optimale.

La réversibilité totale est-elle pour autant complètement inenvisageable ? Rappelons-nous que la réversibilité totale d'une configuration spatiale suppose qu'il est possible de détruire les deux centres dispersés pour implanter de façon optimale un centre concentré. Rappelons-nous également que l'évolution de la technologie influence la façon de faire le MCO. Or, l'évolution des technologies militaires modifie parfois radicalement la nature des infrastructures et compétences nécessaires au MCO. Dans la mesure où le changement radical de technologie permet de s'affranchir de l'histoire, nous pensons que la réversibilité totale est favorisée par les changements radicaux dans les technologies de défense.

Ces opportunités de délocalisation-relocalisation de la production sont liées aux coûts irrécupérables, *i.e.* toujours supportés par le producteur, même lorsque la production est nulle (Carlton & Perloff, 2008, p. 59). Ces coûts irrécupérables sont liés aux actifs spécifiques qui dépendent de la technologie militaire[217]. Pour certaines infrastructures militaires, nous pouvons parler de très forte spécificité (*e.g.* bancs d'essais de moteurs à réaction dans l'aéronautique, dispositifs de refroidissement des chaufferies nucléaires dans le naval).

Dans beaucoup d'activités de MCO militaire, les coûts irrécupérables liés aux actifs spécifiques vont être très déterminants pour la localisation. L'idée défendue ici est que, lorsque l'évolution de la technologie se fait sans rupture majeure avec les technologies existantes, les coûts irrécupérables de l'ancienne technologie jouent un rôle de force centripète sur les localisations existantes.

En revanche, lorsque la technologie militaire évolue radicalement, le décideur public a la possibilité de modifier l'organisation spatiale du MCO. En effet, lorsque les infrastructures nécessaires au MCO évoluent de façon radicale lors des « sauts technologiques », les coûts irrécupérables ne jouent plus ce rôle de force centripète et les opportunités de relocalisation apparaissent. Dans cette perspective, les coûts irrécupérables ne sont plus une barrière à la mobilité spatiale du MCO, mais deviennent au contraire une incitation au changement.

Nous pouvons illustrer notre propos par des exemples d'évolution des technologies. Dans le MCO terrestre, la tendance va à l'intégration croissante de matériaux composites, notamment pour les blindages. Or, d'un point de vue industriel, ce ne sont pas du tout les mêmes compétences ni les mêmes infrastructures qui sont nécessaires à la maintenance de structures métalliques et à celle de structures en composites. Le développement des blindés faisant appel à des technologies à base de composites peut inciter à revoir la localisation de leur MCO à travers le prisme des compétences en composites.

Dans le MCO naval, si on prend l'entretien des sous-marins nucléaires, l'existence d'avantages naturels (*e.g.* rade facilement défendable) et d'infrastructures déjà existantes (*e.g.* bassins de carénage notamment) garantit un avantage comparatif certain aux sites de Brest et de Toulon pour les activités de MCO basées sur ces technologies. Mais cette compatibilité relative peut évoluer. Par exemple, les évolutions actuelles tendent à suggérer que la marine utilisera de plus en plus de drones et de navires porte-drones (*e.g.* drones démineurs, d'observation). La croissance de l'usage des drones dans le naval va certainement

[217] Par actif spécifique, nous entendons des actifs dédiés « *à un usage productif particulier et non reproductibles, dans le cas de la spécificité pure* » (Pecqueur, 2001, p. 37).

influencer leur MCO (les drones ont par exemple des bassins de carénages bien plus petits, leur MCO nécessite des compétences différentes notamment en robotique). Les sites sus-cités pourraient alors perdre leur avantage comparatif et l'implantation du MCO des drones sur un autre site pourrait avoir du sens.

Une réflexion similaire pourrait porter sur le MCO aéronautique qui va devoir traiter de plus en plus de drones[218]. Les bancs d'essais actuels des moteurs à réaction des chasseurs – résultant d'investissements passés – ont-ils une compatibilité technologique avec les matériels modernes et notamment les drones ?

d) Illustration du modèle : cas de la maintenance de la flotte sous-marine française

Nous cherchons maintenant à illustrer le cadre d'analyse développé précédemment en prenant le cas du MCO des sous-marins nucléaires de la marine française. Ce cas est relativement simple à illustrer sur le plan spatial[219]. Nous montrons ainsi que notre cadre théorique constitue un point de départ à l'analyse de situations complexes où s'entremêlent des intérêts économiques, stratégiques et politiques parfois contradictoires.

i) Présentation du dossier des Sous-marins Nucléaires d'Attaque (SNA)

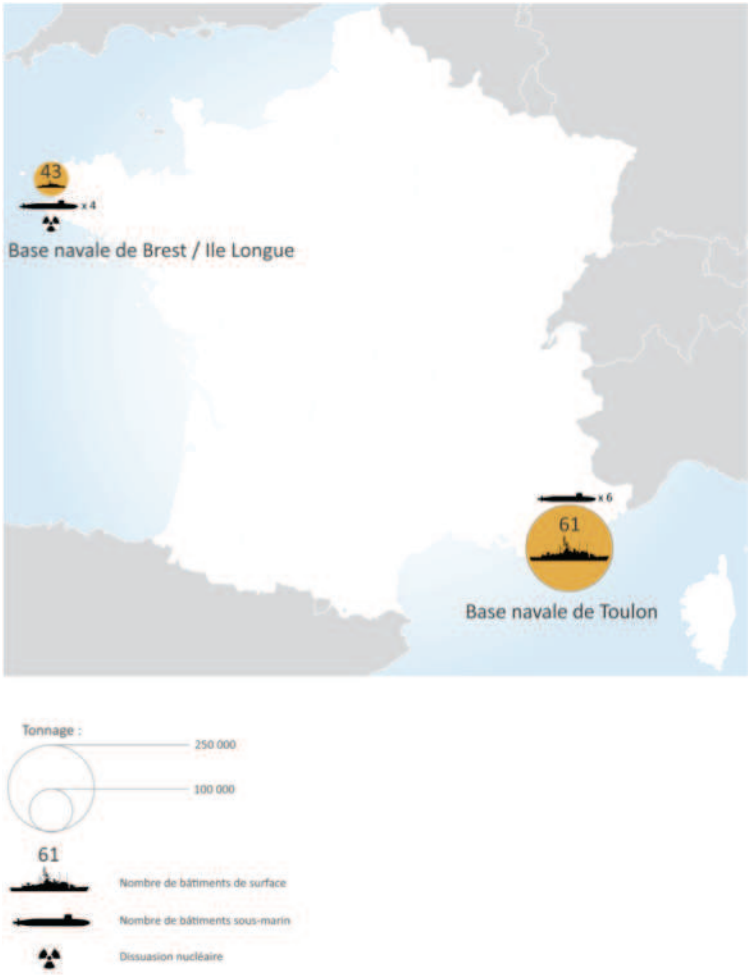
Considérons un pays ayant deux espaces maritimes : un espace Atlantique et un espace Méditerranéen. Ces deux espaces sont des théâtres potentiels pour des sous-marins nucléaires. Imaginons qu'il y a deux sites de maintenance des sous-marins avec un site d'entretien pour chaque espace maritime.

Cette description stylisée fait fortement écho à la situation actuelle que connaît la France en matière d'entretien des sous-marins nucléaires. Plus précisément, la situation évoque le « dossier SNA » où se pose la question d'un regroupement (ou non) de la maintenance des sous-marins nucléaires français. La carte ci-après illustre les deux sites potentiels ainsi que l'allocation des flottes – sous-marine et de surface – en 2012 :

[218] Ce sera probablement le cas si l'on en croit les propos de certains analystes qui parlent parfois de « déficit capacitaire » en termes de drones. Il faut également savoir que les États-Unis possèdent environ 3 600 drones militaires quand la France en possède quatre (Mraffko & Rosso, 2013).

[219] D'autres exemples auraient pu être considérés. Nous pensons notamment à la configuration spatiale du MCO de l'A400M dans l'armée de l'air ou du Tigre dans l'armée de terre.

Figure 83 Répartition de la flotte navale française entre les bases navales de Brest et de Toulon



Source : cartographie de G. Millau (2012)

Dès 1997, l'idée de regrouper les submersibles de la marine nationale (les six SNA et les quatre SNLE) à Brest est envisagée dans le but de rationaliser la maintenance. En 2009, Hervé Morin, ministre de la défense de l'époque, décidait de laisser les six SNA à Toulon. Mais, l'histoire ne s'arrête pas là et le remplacement des actuels SNA de la classe Rubis par ceux de la classe Barracuda – qui devrait commencer en 2017 – pose à nouveau cette question de la réorganisation spatiale du MCO des sous-marins. Une étude comparative des coûts du MCO des futurs Barracuda entre Brest et Toulon laissait en effet entendre qu'il pourrait être économiquement avantageux que les SNA, basés à Toulon, fassent leurs opérations de MCO les plus importantes à Brest. Les raisons invoquées sont les économies d'échelle possibles sur les infrastructures et la mutualisation de compétences communes avec les SNLE, basés à Brest depuis 1970. Dans cette perspective, l'éventualité de distinguer la base opérationnelle des SNA de leur site de MCO est envisagée.

L'arbitrage suivant dans la configuration spatiale du MCO des sous-marins nucléaires se pose : faut-il un ou deux centres de maintenance ? Si la concentration spatiale de la production est envisagée et que le modèle développé précédemment s'applique, deux options s'offrent au décideur : créer un nouveau centre d'entretien totalement déconnecté des deux bases navales historiques ou concentrer la totalité de l'activité de maintenance sur un seul site. Dans le cas du « dossier SNA », l'argument historique domine et l'option envisagée par le décideur public consiste à concentrer le MCO sur un seul site, à savoir Brest ou Toulon. En effet, il est fort probable que la création d'un nouveau site déconnecté des sites précédents ne soit pas envisageable pour des raisons : économiques (l'implantation *ex nihilo* d'installations nucléaires est très coûteuse), socio-environnementales (l'acceptation sociale d'installations nucléaires est délicate sur le plan social et environnemental) et historiques (compte tenu du faible nombre de sites occupés par la marine nationale, la densification d'installations nucléaires stratégiques est plus probable sur un site déjà existant).

À travers le cas du « dossier SNA », examinons les différents paramètres du modèle qui entrent en jeu dans l'arbitrage de configuration spatiale du MCO des sous-marins nucléaires. Dans ce qui suit, nous appelons forces centripètes les forces incitant le décideur public à basculer dans une configuration spatiale concentrée (un centre à Brest ou à Toulon) tandis que les forces centrifuges l'incitent à maintenir une configuration spatiale dispersée (un centre à Brest et un autre centre à Toulon).

ii) La recherche d'économies d'échelle : les forces centripètes

On suppose que le progrès technique militaire renchérit les coûts de MCO des sous-marins. Une partie du coût des opérations de MCO est associée aux infrastructures de MCO des sous-marins (*e.g.* bassins de carénage, grues). L'accueil des futurs SNA suppose d'importants aménagements de quai, à Brest comme à Toulon. Les coûts importants sont également associés à une main d'œuvre spécialisée et très qualifiée (*e.g.* atomiciens). De plus, les contraintes de sécurité liées à la technologie nucléaire augmentent les coûts d'un centre.

Ces facteurs font que le coût du MCO des nouvelles générations de SNA augmente. Tout ceci contribue à faire augmenter la dotation budgétaire dans le modèle présenté ci-avant. Dans un contexte budgétaire contraint, la croissance des coûts associés à un centre incite le décideur public à basculer vers une configuration concentrée.

De plus, nous supposons qu'il existe des économies d'échelle dans le MCO des sous-marins nucléaires. Toutes choses égales par ailleurs, plus ces dernières sont fortes dans le modèle, plus cela favorise le basculement vers une configuration spatiale concentrée. Les

économies d'échelle peuvent résulter d'effet « de cuve », de contraintes d'indivisibilité sur certains facteurs de production (*e.g.* équipements de maintenance spécifiques, salariés aux compétences rares comme les atomiciens) ou encore d'une meilleure division du travail.

Notons tout de même que les SNA et SNLE n'ont pas exactement les mêmes caractéristiques techniques. Cependant, nous pensons qu'il n'est pas déraisonnable d'admettre que ces deux matériels partagent certaines caractéristiques pouvant les rendre assez homogènes du point de vue du MCO (*e.g.* spécificités liés à la propulsion nucléaire comme les dispositifs de refroidissement des chaufferies, abris bétonnés pour l'entretien des réacteurs, lieux de stockage du combustible irradié, différentes contraintes réglementaires)[220].

iii) Les coûts liés à la distance : les forces centrifuges

À partir du moment où le « lieu de besoin » est spatialement distinct du lieu de maintenance, tout regroupement spatial, va engendrer des coûts liés à la distance. En effet, un sous-marin est localisé par rapport à une mission potentielle liée à la zone à laquelle il est affecté. S'il sort de son espace d'affectation, il ne peut plus remplir la fonction initiale. Notons qu'il faut environ une semaine à un SNA pour faire la distance Brest-Toulon, ce qui fait perdre deux semaines de déploiement utile sur un déploiement qui fait en général maximum dix semaines pour un équipage (soit 20 % du temps opérationnel). Dans le CSO des SNA, nous pouvons même distinguer deux éléments stratégiques :

D'abord, dans le dispositif du Groupe Aéronaval (GAN), le porte-avions est complémentaire d'au moins un SNA. Or, la base opérationnelle du porte-avions Charles de Gaulle est à Toulon. Donc, tout accroissement de la distance entre le lieu d'intervention du GAN et du centre de maintenance des sous-marins est susceptible d'accroître le CSO.

Ensuite, d'un point de vue stratégique, les théâtres d'opération actuels sont localisés « au sud ». Or, le port de Toulon est idéalement situé pour couvrir l'axe stratégique prioritaire allant de l'Atlantique à l'océan Indien *via* la Méditerranée (Livre blanc 2008). Tout logiquement, la situation géographique de Toulon permet aux SNA d'être plus près des zones d'actions actuelles pour les entraînements et les interventions sur des théâtres d'opérations.

Ces éléments stratégiques étant pris en compte, dans notre modèle, un centre de maintenance implanté à Brest (lieu d'offre) avec un besoin opérationnel et stratégique à Toulon (lieu de demande) entraînerait *a priori* une augmentation du CSO.

---

[220] Nous renvoyons le lecteur à Barillot (2000, p. 13) pour une description détaillée des infrastructures et équipements nécessaire au MCO des réacteurs nucléaires – notamment la description de l'Atelier Mobile d'Intervention Principal (AMIP) dans le cas des seuls SNLE –.

En réalité, les choses sont plus complexes. Nous pensons que la prise en compte de la taille de la flotte de SNA vient nuancer cet effet lié à la distance sur le CSO. Les opérations de NTI 3 sont fortement planifiables et une bonne gestion de la rotation des SNA entre eux peut très bien réduire – ou au moins contenir – le CSO. Pour les grandes opérations de MCO, le CSO peut être considéré comme relativement faible, *sous réserve d'une flotte suffisante en nombre*.

La France possède aujourd'hui six SNA. Admettons que le besoin opérationnel soit de quatre SNA dans l'espace méditerranéen. Si un SNA est en maintenance lourde à Brest et un autre en maintenance légère à Toulon, la disponibilité des quatre SNA restants permet d'assurer le contrat opérationnel. La maintenance lourde, opération planifiée et souvent inscrite en programmation, pourrait se faire à Brest sans impact sur le CSO. En revanche, une éventuelle réduction de la flotte de SNA – de six à quatre unités par exemple, comme cela a parfois été évoqué – pourrait accroître le CSO, ce qui remettrait en question un équilibre spatial avec le MCO concentré à Brest. Compte tenu de ce qui est avancé dans le Livre blanc de 2013, une réduction de la flotte de SNA n'est pas envisagée. Cette dernière devrait théoriquement se maintenir à six unités pour les 30 années à venir.

De plus, notre analyse du CSO présentée ci-avant ne concerne que les tâches du NTI 3. Pour des tâches de MCO « plus légères » et nécessitant une certaine réactivité vis-à-vis d'un théâtre opérationnel localisé « au sud », la question du CSO, de son niveau et de sa sensibilité à la distance va se poser différemment. En raison de « l'urgence » qui y est associée, c'est en effet pour ces tâches là que le CSO est le plus élevé. Aussi, s'il s'avère que la fréquence des opérations de maintenance légères ou moyennes est importante, le maintien d'un centre de MCO à Toulon est loin d'être une option « coûteuse » sur le plan social[221].

Enfin, n'oublions pas qu'un élément susceptible d'affecter le CSO – et donc de jouer en faveur des forces centrifuges – est l'accroissement du risque stratégique majeur lié à la concentration du MCO de l'ensemble des sous-marins sur un seul site. Dans ce cas, les économies d'échelle se font au prix d'une augmentation du risque stratégique majeur. Un centre de MCO de matériels nucléaires rentre en effet assez facilement dans la catégorie des infrastructures critiques (Murray & Grubesic, 2007), et il n'est pas déraisonnable de penser qu'un centre unique puisse accroître le risque stratégique majeur (*e.g.* éventuelle cible d'une attaque terroriste).

[221] « coûteuse » est ici mis entre guillemets car il s'agit bien de comparer une économie basée sur des coûts explicites avec un coût implicite. Une telle comparaison ne peut être qu'ordinale et relève d'une mise en balance d'options par le décideur public.

iv) Choix de configuration spatiale, poids de l'histoire et facteurs territoriaux

Une analyse de la configuration spatiale des SNA qui omettrait les coûts indirects associés aux enjeux d'économie régionale et d'aménagement du territoire serait incomplète. Si notre modèle met en exergue des variables que nous considérons comme fondamentales dans les choix de configuration spatiale du MCO des SNA, il ne faut pas perdre de vue que d'autres coûts rentrent en compte dans cet arbitrage. Ces coûts ont une composante territoriale importante. Parmi ces derniers, nous pensons à l'équipage des sous-marins et au coût économique sur l'activité régionale que représenterait la fermeture d'un centre de MCO (qui serait la conséquence directe d'une concentration spatiale du MCO sur un site unique).

En premier lieu, il faut savoir que les matériels navals ont la particularité de nécessiter un nombre relativement important de marins pour leur fonctionnement[222]. Or, il est de tradition dans la marine d'assurer la maintenance des bâtiments à leur port d'attache. « *Des raisons économiques et sociales justifient ce choix : optimiser l'emploi de l'équipage en période d'inactivité en l'affectant à des tâches d'entretien, tout en limitant au seul temps nécessaire au service à la mer l'éloignement familial des marins* » (Ravix *et al*., 2005, p. 91).

Il faut alors considérer le coût de l'équipage d'un point de vue social et territorial. À Toulon, l'escadrille de SNA, compte actuellement plus de 1 000 marins. Comme le faisait judicieusement remarquer un journaliste du quotidien Ouest-France : « *les centaines de marins, ouvriers, techniciens et leurs familles, ainsi ballottés entre deux ports risquent de résister* » (Ouest-France 2013). Nous pensons qu'il s'agit là d'un frein social relativement puissant pouvant venir freiner le basculement vers une configuration spatiale concentrée.

En second lieu, la dimension « politique régionale » intervient inévitablement dans cet arbitrage de configuration spatiale. Pour mieux comprendre les montants en jeu lorsqu'on parle de MCO des sous-marins nucléaires, il faut savoir qu'une grande opération de MCO de SNA coûte plus de 50 millions d'euros et s'étale sur plusieurs mois[223]. Une opération similaire sur SNLE dure également plusieurs mois (entre 20 et 30), coûte environ 200 millions d'euros (soit 8 % du coût d'un SNLE neuf) et totalise 2,4 millions d'heures de

[222] Même si ce nombre tend à se réduire compte tenu de l'automatisation de certaines tâches notamment, *cf.* chapitre II, section 2.

[223] En 2001, un rapport de l'Assemblée Nationale chiffrait le coût d'une IPER de SNA à 53,4 millions d'euros (Cova & Kerdraon, 2001, p. 79). Cependant, cette estimation ne peut pas s'appliquer à la nouvelle génération de SNA (classe Barracuda) que nous traitons ici en exemple et dont le coût de MCO est probablement plus élevé que pour la génération précédente (classe Rubis). Nous n'avons pas d'informations chiffrées fiables sur ce sujet.

travail[224]. L'engagement de montants financiers de cette ampleur constitue un enjeu économique considérable pour Toulon comme pour Brest. Imaginons que le MCO se concentre à Brest, au détriment de Toulon.

Pour Brest, récupérer l'ensemble de l'activité de MCO des sous-marins nucléaires permettrait à DCNS – gros employeur local avec près de 2 800 salariés –, de conserver un niveau d'activité élevé, après 2018. Cette date marque en effet la fin du chantier d'adaptation des SNLE au missile M51 (chantier chiffrant à près de deux milliards d'euros de contrat et mobilisant jusqu'à 1 000 salariés). Chaque grand carénage des SNA se compte en million d'heures de travail, ce qui permettrait de combler les creux de charge dans ce qui devrait théoriquement être la principale activité du site : les grands carénages des SNLE.

Pour Toulon, quel serait le coût du manque à gagner ? En 2009, DCNS employait environ 3 250 personnes réparties entre les trois sites de Saint-Tropez, Toulon et le Mourillon, ces deux derniers localisés à Toulon (avec respectivement 1 950 personnes – dont 24 % d'ingénieurs et cadres – et 970 personnes – dont 85 % d'ingénieurs et cadres – (AUDAT 2010, p.124)). Les syndicats estiment que la maintenance des SNA à Toulon représente 40 % de la charge de travail de DCNS.

Compte tenu des enjeux en termes d'emplois et d'activité économique à moyen-long terme, ce problème de configuration spatiale du MCO fait apparaître des mouvements lobbyistes en faveur de tel ou tel territoire. Ces mouvements territoriaux lobbyistes – qu'ils soient pro Brest ou pro Toulon – ont tout logiquement des intérêts plus axés sur l'aménagement du territoire que sur la sécurité nationale.

Compte tenu des coûts territoriaux indirects anticipés et évoqués ci-dessus, il apparaît que si la rationalisation de la défense est le moteur officiel d'un éventuel basculement vers une configuration concentrée du MCO des SNA, l'arbitrage est clairement modulé par des jeux de pouvoirs. La décision de localiser le MCO des SNA à Toulon avait en effet été prise en 2009. À cette époque, Hubert Falco était non seulement maire de Toulon, mais aussi membre du gouvernement (plus exactement secrétaire d'État à l'aménagement du territoire avec notamment la charge de l'accompagnement de la restructuration de la carte militaire). Autrement dit, il occupait des fonctions loin d'être neutres vis-à-vis du choix de configuration spatiale qui nous intéresse ici.

[224] Selon le retour sur expérience de DCNS à propos du SNLE Le Téméraire (*cf. Le Marin*, supplément au N°3167, p.11).

L'alternance politique, suite à l'élection présidentielle de 2012, a donné davantage de poids aux élus bretons. De plus, ces derniers font valoir l'argument selon lequel Brest a beaucoup souffert ces dix dernières années par rapport à Toulon. En plus d'avoir récupéré la base opérationnelle des SNA, le port méditerranéen concentre en effet le gros de la flotte de surface et sous-marine (en tonnage comme en nombre de bâtiments – *cf.* carte ci-avant).

En conclusion, concernant les sous-marins nucléaires, le projet de départ faisait de Brest la base des SNA Barracuda pour l'opérationnel et pour la maintenance. Aujourd'hui, le choix de la base opérationnelle des futurs SNA Barracuda ne semble plus remis en cause et seul le lieu de réalisation de leur maintenance lourde semble discuté. Faut-il un centre de maintenance pour les sous-marins nucléaires ou deux centres ?

Compte tenu des économies d'échelles possibles sur le site de Brest, du CSO relativement faible en raison du caractère planifiable de la majeure partie des opérations de MCO des SNA – *sous réserve d'une taille de la flotte suffisante* –, la concentration de la maintenance lourde de l'ensemble des sous-marins nucléaires à Brest peut être une alternative crédible et intéressante sur le plan économique.

Cependant, comme nous l'avons évoqué, l'essentiel de la discussion se base que sur la maintenance lourde. En réalité – et nous l'avons vu dans la section précédente – la maintenance des matériels de défense est un processus complexe qui se décompose en niveaux aux exigences industrielles très variables. Avant d'arbitrer en faveur d'une configuration spatiale, il convient de bien étudier le degré d'industrialisation des niveaux intermédiaires de MCO, combiné avec la fréquence des pannes nécessitant l'intervention de ces niveaux. S'il s'avère que ces derniers sont susceptibles d'être sollicités fréquemment, les coûts de transports et le CSO pourraient fortement s'accroître, ce qui tendrait à faire pencher l'arbitrage en faveur du maintien d'une configuration dispersée.

Le dossier reste encore en suspens et "*la décision ne sera prise qu'à la livraison*" annonçait Patricia Adam en septembre 2012. La livraison du premier Barracuda aura lieu en 2017, ce qui laisse encore quelques années d'études et de débats avant de trancher définitivement sur cette question éminemment épineuse de la configuration spatiale du MCO des six futurs SNA.

Conclusion de la section 2

Le modèle présenté dans cette section est fondé sur une comparaison de coût théorique entre deux configurations spatiales pour des matériels uniformément répartis dans un espace

donné : une configuration spatiale dispersée où deux centres de maintenance assurent le MCO ou une configuration spatiale concentrée où un seul centre assure la production du MCO. Les différents paramètres du modèle sont la dotation budgétaire d'un centre, le potentiel d'économies d'échelle, les coûts de transport – coûts explicites liés à la distance – et le Coût Social Opérationnel – coût implicite lié à la distance –. Le principal intérêt de la démarche réside ici dans la simplification d'un problème complexe en le résumant à quelques paramètres fondamentaux. Nous nous sommes donc intéressés à l'influence de la variation des paramètres de base du modèle sur les choix de configuration spatiale avec une réflexion en termes de basculement d'une configuration à une autre. Nous avons discuté de l'influence et du poids relatif des différents paramètres au regard de ce qui est observé dans l'histoire contemporaine du MCO.

L'augmentation des coûts du MCO, causée par la technologie de défense pousse à concentrer spatialement la production de MCO. Mais la distance engendre un coût implicite et sa prise en compte nuance alors le discours actuel d'un regroupement systématique de la maintenance des flottes. Notre illustration basée sur l'étude de cas de la future configuration spatiale du MCO des sous-marins nucléaires français permet de discuter des possibles effets de cette limite de la concentration spatiale, tout en montrant que la réalité est bien plus complexe que le modèle. D'autres forces peuvent jouer dans la définition des configurations spatiales du MCO et les paramètres intervenant dans le choix rationnel du décideur public ne se résument pas à un simple arbitrage entre économies d'échelle et coûts liés à la distance. Ici encore, la réflexion permet de mettre en évidence que la rationalité du décideur public n'obéit pas seulement à des logiques d'optimisation « en interne » de l'outil de défense. En particulier, nous soulignons le rôle joué par les différents coûts territoriaux et les forces politiques dans les choix de configuration spatiale de la production de défense.

Section 3 : Les facteurs de localisation des activités de MCO

Les deux sections précédentes se sont focalisées sur l'arbitrage entre coûts fixes et coûts liés à la distance dans la configuration spatiale du MCO. Les forces économiques qui orientent l'organisation spatiale du MCO sont bien évidemment plus complexes que celles que nous avons décrites précédemment. Une autre dimension est notamment fondamentale : la localisation des activités de MCO. En effet, parce que les ressources ne sont pas réparties de façon homogène dans l'espace, certains lieux peuvent être privilégiés par rapport à d'autres concernant la localisation. Dans ce qui suit, nous cherchons donc à dépasser le cadre purement spatial pour envisager la localisation du MCO en interaction avec un milieu : le territoire. Cette section, réintroduit de la complexité dans la spatialisation du MCO, tout en permettant de souligner les limites de la modélisation proposée précédemment. Les réflexions et concepts que nous y présentons peuvent servir à approfondir la modélisation de la spatialisation du MCO. Les questions que nous y abordons sont les suivantes :

Quels sont les facteurs de localisation dans le MCO ? Qu'est-ce qui oriente les choix actuels de localisation des activités de MCO en comparaison avec les choix passés ? Le milieu dans lequel s'insèrent les activités de MCO génère-t-il d'autres formes d'économies que les économies d'échelle ?

Les modèles de localisation cherchent à « *expliquer l'organisation spatiale des firmes, à isoler les variables déterminantes des localisations et à fournir des solutions analytiques afin d'en analyser les propriétés* » (Perreur *in* Ponsard 1988, p.94). Dans ce qui suit, nous nous écartons quelque peu des modèles de localisation *stricto sensu* dans la mesure où nous proposons plutôt une réflexion concernant les facteurs influençant les choix de localisation du MCO[225].

Nous définissons un facteur de localisation comme étant un critère pris en compte lors du choix d'implantation des activités de MCO. Dans une perspective historique, il est d'abord possible de montrer que les critères économiques occupent une place relativement faible dans la localisation initiale des activités de MCO. On peut dire que cette dernière s'est en quelque sorte effectuée de façon « hors-territoire », privilégiant les connexions avec le système militaire en fonction de critères géographiques et stratégiques, sans recherche explicite de relations industrielles avec les systèmes productifs locaux et notamment les activités civiles.

[225] Pour une synthèse de la littérature concernant la théorie de la localisation, nous renvoyons le lecteur aux quelques écrits suivants : Ponsard (1955), Perreur *in* Ponsard (1988) ou Perreur *in* Cliquet & Josselin (2002, p. 20-37). Pour de plus amples développements, nous renvoyons à Thisse *et al.* (1996).

Par analogie avec la littérature en économie géographique, nous qualifions les facteurs ayant influencé les décisions historiques de localisation de facteurs de *première nature* (Cronon, 1991; Krugman, 1993). Ces derniers sont liés à la géographie physique mais aussi au hasard. Par ailleurs, dans le cas des activités de défense, ces facteurs de *première nature* ont la particularité d'être intimement liés à des impératifs stratégiques.

Ensuite, nous considérons les évolutions contemporaines du MCO et plus particulièrement trois évolutions majeures : l'évolution des technologies de MCO des matériels, les externalisations et la tertiarisation du MCO. Nous pensons que ces évolutions incitent à la recherche d'une proximité spatiale dans les choix de localisation du MCO. Dans une perspective de recherche d'économies, elles amènent à considérer la localisation du MCO sous l'angle des facteurs de *seconde nature*, c'est-à-dire sous l'angle des « *mécanismes économiques et des institutions présents au sein des territoires* » (Combes *et al.* 2006, p.3)[226]. Finalement, ces évolutions rendent plus complexes les choix de localisation dans le MCO et peuvent inciter à reconsidérer (ou pas) sa localisation.

Notre démarche propose une rupture dans la conception même du MCO. En effet, elle nous conduit à ne plus penser le MCO comme une extension des bases militaires – vision héritée du passé et tenant peu compte de l'environnement industriel –, mais comme une activité industrielle, conçue en tant que telle, ou encore un « métier en soi »[227]. L'optimisation du MCO suppose alors de ne plus le penser « hors territoire », mais plutôt dans une dynamique avec d'un côté des ressources territorialement « ancrées » (personnel, technologie, infrastructure, partenaires divers,...) et de l'autre des débouchés variés (notamment lorsqu'on considère un MCO dual, c'est-à-dire à la fois civil et militaire). Cette conception territorialisée du MCO demande alors de s'intéresser à ce qui est *autour* de l'activité de MCO[228]. Elle place selon nous la recherche d'économies d'agglomération au centre d'une logique d'amélioration de la productivité et de réduction des coûts dans le MCO.

---

[226] Le géographe et historien Cronon (1991) distingue la première nature (*First nature = original, un-constructed world*) de la seconde nature (*Second nature = artificial nature erected atop first nature*) qui est le résultat des actions de l'homme pour améliorer la première.

[227] À nouveau, notre propos rejoint le rapport du Sénat concernant le MCO aéronautique, que nous avons déjà eu l'occasion de citer dans cette thèse : "*La principale évolution technique à l'horizon 2015 est que les aéronefs seront moins nombreux, mais technologiquement plus complexes. Il sera donc* ***nécessaire de professionnaliser*** *et de centraliser le MCO*" (Fréville 2008, p.50) [c'est nous qui soulignons].

[228] Jusqu'ici, nous avions ignoré cette dimension « externe » en nous focalisant essentiellement sur la notion d'économies d'échelle, « internes » au centre de maintenance.

3.1 La localisation du MCO : des facteurs de *première nature* aux facteurs de *seconde nature*

a) Les facteurs de première nature dans le MCO : facteurs géographiques intrinsèques et facteurs géographico-stratégiques

i) Les facteurs géographiques intrinsèques

Dans la mesure où notre raisonnement porte sur l'ensemble des matériels de défense (*e.g.* navires, avions et blindés), nous précisons d'emblée que certains facteurs de localisation sont bien entendu propres à chaque catégorie de matériels. L'implantation d'activités de MCO est liée à la nature même des matériels et la maintenance de ces derniers dépend de caractéristiques géographiques spécifiques que nous qualifions de facteurs géographiques intrinsèques.

Sans surprise, une condition contraignante pour les matériels navals est l'accès à un littoral et à un port. Les matériels aéronautiques militaires ont généralement besoin d'un espace aérien peu dense et leur accueil nécessite un espace au sol de taille suffisante pour accueillir un aéroport ou au moins une piste d'atterrissage. En revanche, les matériels terrestres ont *a priori* peu de contraintes intrinsèques. Notons tout de même qu'un relief trop accidenté ne favorise pas leur progression et que l'accès facilité à des voies de circulation (*e.g.* réseau ferroviaire, voie fluviale) peut influencer la localisation des activités de maintenance les concernant.

Ces facteurs géographiques intrinsèques jouent un rôle déterminant dans la localisation des activités de MCO, notamment lorsqu'on adopte un regard historique. Mais, compte tenu de la nature militaire des activités à implanter, ces facteurs sont toujours à considérer en association avec des facteurs géographiques stratégiques.

i) Les facteurs géographico-stratégiques

Les facteurs géographico-stratégiques sont des facteurs de localisation liés aux technologies de défense mobilisées et au territoire à défendre (notamment la taille du territoire et sa position relative par rapport à l'ennemi réel ou potentiel).

Dans le secteur naval, les spécificités géographiques des sites ont favorisé la localisation des activités navales au 17ème siècle. Les sites retenus sur la base de ces facteurs possèdent des avantages militaires reconnus (*e.g.* rades naturellement protégées). Brest, Lorient, Rochefort ou Toulon ont de ce point de vue été des sites privilégiés pour

l'implantation des activités navales militaires. Reprenons à profit les propos de Vauban en 1679 : « *la rade de Toulon est la plus belle et la plus excellente de la mer Méditerranée, de l'aveu de toutes les Nations* »[229]. À Brest, Rochefort, Lorient ou Toulon, la Royale s'est implantée avec ses arsenaux dans des lieux où l'industrie navale n'existait pas initialement. Les systèmes industriels locaux navals s'y sont développés au fil de l'histoire autour de la Direction des Constructions Navales (DCN).

Concernant les matériels terrestres, *a priori* plus « souples » du point de vue des facteurs géographiques intrinsèques, les facteurs géographico-stratégiques ont joué un rôle important. En France, depuis la guerre-franco prussienne (1870-1871) et jusqu'à la fin de la guerre froide (1991), si l'on suit une diagonale allant du quart nord-est du pays vers le quart sud-ouest, trois cercles peuvent être tracés. Un premier cercle définit le front (réel ou potentiel) ; un second cercle est celui du stationnement et des soutiens légers et moyens ; enfin, un troisième cercle est celui du soutien majeur (*e.g.* usines d'armement). Si les unités prépositionnées disposaient sur place de soutiens légers et moyens, les soutiens lourds – production de munitions et opérations de maintenance lourde notamment – étaient plutôt localisés dans le centre et le sud-ouest du pays. Historiquement, il s'agit des dix arsenaux d'État de l'armée de terre à Satory, Rennes, Bourges, Tulle, Saint-Etienne, etc.[230].

Les cartes ci-dessous[231], établies en 2011, montrent les localisations des principales bases de soutien des matériels terrestres (BSMAT) – dédiées aux soutiens lourds (NTI 3) – et les régiments de soutien des matériels (RMAT) – dédiés aux soutiens moyens et légers (NTI 2 et NTI 1) –.

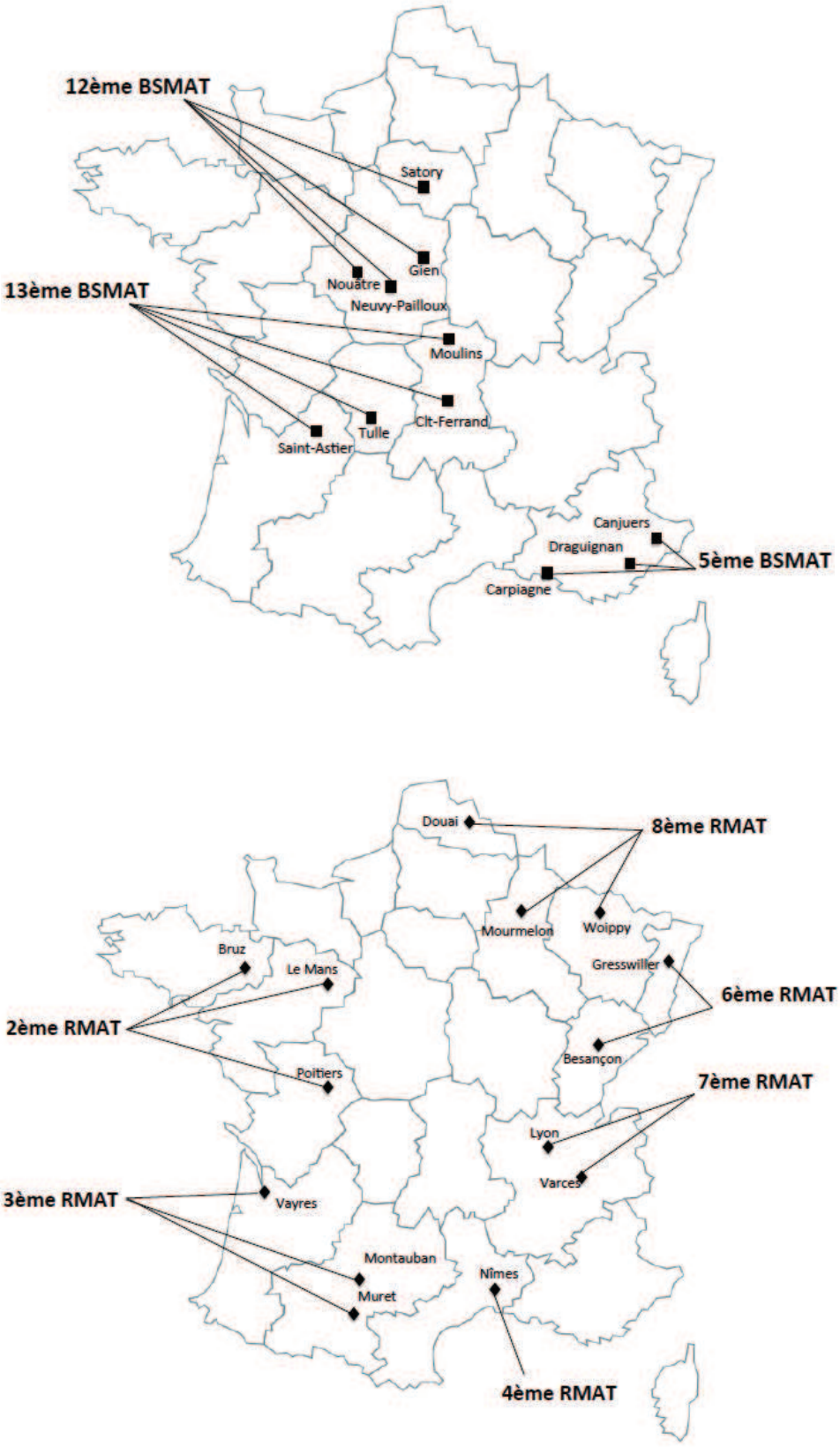
---

[229] Source : Cros (2001), « L'arsenal et la rade de Toulon. Les données d'un espace aménagé pour la défense » *in* Aben & Rouzier (2001, p. 111-151).

[230] « *La géographie des arsenaux de l'armement terrestre est immergée dans l'histoire de France. L'actuelle carte constituée par ces dix établissement [du GIAT] est en effet la résultante d'une fascinante évolution historique, où s'entremêlent les événements les plus divers, des lointaines ordonnances stratégiques et tactiques, aux besoins urgents des temps de guerre, des nécessités techniques aux compromis régionaux, des ambitions politiques à l'évolution technique, géostratégique ou énergétique (…) le résultat est aujourd'hui contenu dans une géographie singulière,* ***une carte qui oublie le nord, l'est et le sud-est pour se concentrer sur sept régions, neuf départements et dix ville****s* » (Barnier, 1996, p. 41-42) [c'est nous qui soulignons].

[231] Les cartes que nous présentons sont actualisées. Les données que nous avons collectées prennent donc en considération les réformes des années 2000 dans le MCO terrestre. Pour un détail sur ces mouvements (notamment les transferts et dissolutions de régiments du matériel), nous renvoyons à l'article de Guglielminotti (2011, p. 8-11)

Figure 84 Localisation des BSMAT et des RSMAT dans le MCO terrestre



L'examen des localisations des sites de MCO terrestres montre une configuration spatiale plus périphérique des soutiens moyens et légers et une configuration plus centralisée des soutiens lourds[232].

L'aéronautique ayant commencé à se développer au début du 20ème siècle, c'est plus tardivement que nous retrouvons une logique similaire pour les sites de MCO où les critères géographico-stratégiques ont aussi largement prévalu dans les choix de localisation. Dans une perspective historique, les performances des appareils et la menace identifiée à l'est du pays imposaient le positionnement géographique des bases aériennes (*cf.* Livre blanc de 1972). Les implantations des bases aériennes (avec unités navigantes) montrent en effet que ces dernières sont très concentrées dans le quart nord-est du pays :

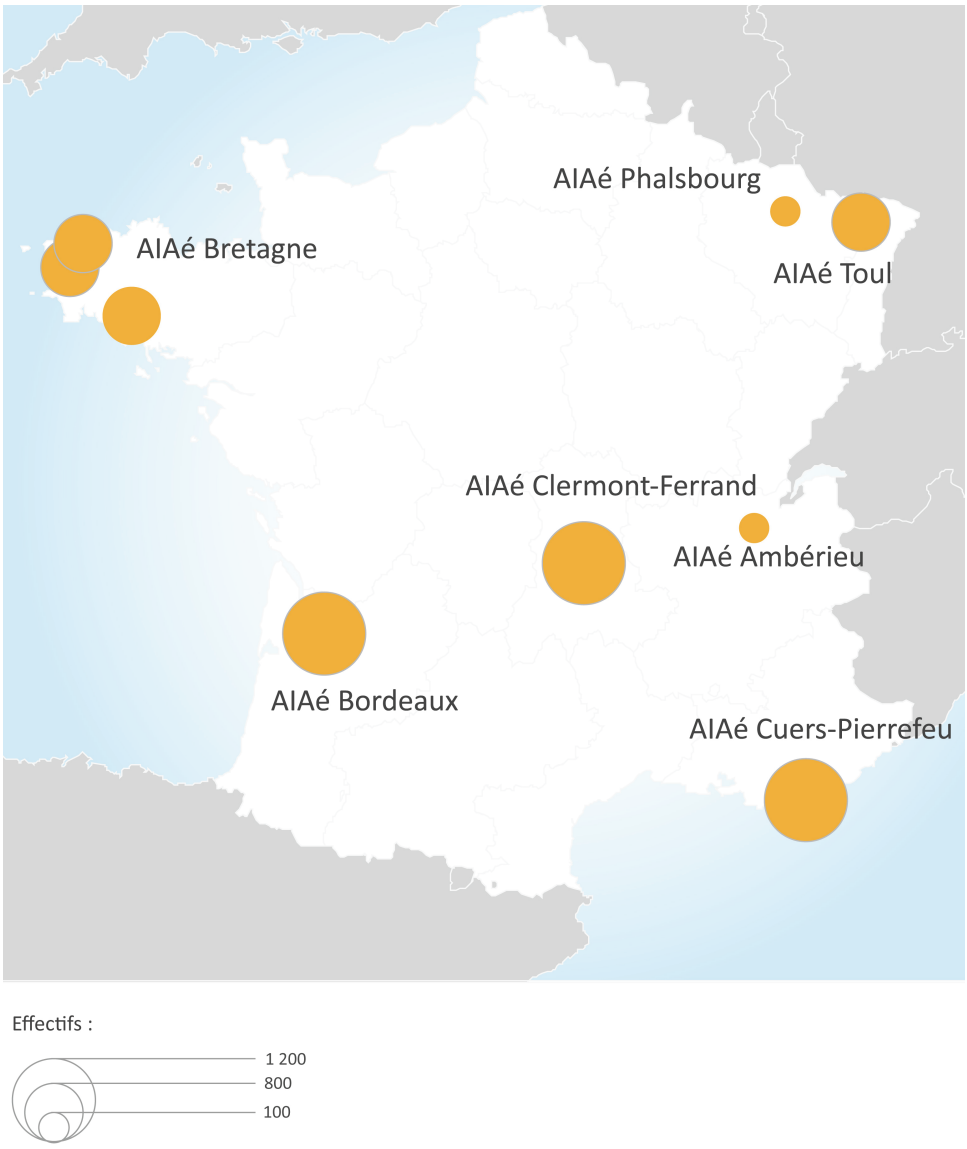
Figure 85 Implantation des bases aériennes avec unités navigantes, en métropole, en 2013

Source : conception de l'auteur (à partir de données actualisées prenant en compte les récentes fermetures de bases aériennes entre 2008 et 2013)

[232] À l'exception toutefois de la 5ème BSMAT au sud-est du pays, dont le renforcement se justifie par la proximité avec les lieux d'entraînement – Canjuers notamment – et des principaux ports d'embarquement pour les Opex (Marseille et Toulon).

Concernant le MCO, en 1934, fut prise la décision de créer des ateliers régionaux de réparation aéronautique en les localisant dans le centre et le sud de la France (Bordeaux, Limoges, Clermont-Ferrand ou Toulouse). Aujourd'hui, on observe que les Ateliers Industriels Aéronautiques (AIAé) sont surtout localisés dans la moitié sud du pays et dans l'ouest (le nord-ouest étant essentiellement dédié au MCO des matériels de l'aéronavale). Il s'agit en quelque sorte d'un « envers de l'opérationnel »[233].

Figure 86 Localisation des ateliers industriels aéronautiques



Source : G.Millau, Adeupa, Brest, 2011

[233] À l'exception notable des deux antennes de Toul et à Phalsbourg. Ceci est toutefois parfaitement en accord avec notre raisonnement dans la mesure où ces deux antennes sont historiquement spécialisées dans le MCO des cellules et équipements des aéronefs, parties « plus légères » du MCO aéronautique. Autrement dit ce que nous avançons reste valable : les soutiens lourds de l'aéronautique demeurent assez loin des frontières du nord et de l'est du pays.

De cette étude des facteurs historiques dans les choix de localisation, il est possible de tirer deux enseignements :

Premièrement, concernant le MCO lourd (NTI 3, voire NTI 2), la localisation historique montre qu'à la différence des logiques classiques de l'économie spatiale où l'existence d'un marché favorise la localisation d'une unité de production, la localisation de « l'économie du MCO » s'est faite à distance du lieu de demande[234]. Cette logique différente est liée à la spécificité militaire de ces productions. Dans une perspective historique, deux types de facteurs ont alors influencé la localisation des sites de MCO : les facteurs géographiques intrinsèques et les facteurs géographico-stratégiques (menace, réelle ou potentielle, s'exerçant sur le pays). Ces facteurs sont fondamentalement liés aux caractéristiques des matériels et à des différences entre régions, à l'origine d'avantages comparatifs pour la localisation d'activités de MCO.

Deuxièmement, les choix de localisation des sites de MCO ont parfois eu lieu sans relation avec les systèmes industriels locaux déjà existants et sans recherche explicite de synergies avec les activités civiles environnantes. Si l'implantation des arsenaux de la marine est particulièrement emblématique de cette logique, on retrouve des logiques similaires dans le MCO aéronautique dans le grand sud-ouest[235]. Concernant le MCO terrestre – plutôt localisé dans le centre du pays pour les soutiens les plus lourds – l'argument est plus nuancé dans la mesure où les implantations des soutiens des matériels semblent avoir été faites dans une certaine proximité avec les anciennes manufactures d'armes (devenus arsenaux d'État par la suite, puis sites de l'entreprise Nexter dans les années 2000).

Cependant, les évolutions contemporaines dans la production de défense posent la question de l'efficience de la localisation d'un MCO en « hors territoire », hérité de l'histoire. Sous contrainte budgétaire forte – et donc d'une nécessité de réaliser des économies –, les mutations dans les technologies de défense – et par extension dans la façon de concevoir le MCO des matériels – et dans l'organisation de la production de défense contribuent à redéfinir les critères de localisation du MCO. Elles invitent à envisager d'autres choix de

[234] Ici, compte tenu de sa spécificité le MCO naval suit une logique différente des deux autres types de MCO. Historiquement, le lieu de production du MCO est souvent confondu avec la base navale. Il convient également de noter que le NTI 1 s'implante là où se situe la demande, c'est à dire à proximité du lieu d'usage des matériels.

[235] Ces logiques d'implantation des productions aéronautiques dans la période juste avant la première guerre mondiale et dans les années 20 – notamment l'éloignement des centres aéronautiques de la capitale, zone jugée plus vulnérable au regard des enseignements de l'Histoire – ont été plus amplement décrites dans le chapitre I, section 2.

localisation plus explicitement basés sur des critères économiques et notamment des complémentarités industrielles entre activités militaires et civiles.

b) Evolutions technologiques et organisationnelles dans la localisation du MCO: vers une relativisation du poids des facteurs de première nature?

La localisation du MCO des matériels de défense est contingente au choix des technologies de défense. La connaissance de l'évolution des technologies et des nouveaux modes d'organisation du MCO – notamment dualité civilo-militaire, tertiarisation, externalisation – est alors indispensable à la compréhension du rapport à l'espace des activités de maintenance et donc des choix de localisation dans le MCO.

i) Des technologies de défense de plus en plus duales

Aujourd'hui, la frontière entre le civil et le militaire n'est pas toujours aisée à établir, notamment dans les secteurs dits « de pointe » (*e.g.* informatique, télécommunications, matériaux) ou dans les technologies en phase initiale de développement. Pour ces activités, le terme de « dualité » est souvent employé. « *Dual technologies are used to describe technologies that are developed and used both by the military or space sectors on the one hand and by the civilian sector on the other* » (Cowan & Foray, 1995, p. 851). La dualité est un « *mode de gestion de la recherche, de l'innovation et de la production des systèmes de défense, qui cherche à engendrer des économies d'échelle, de variété et d'externalité avec le secteur civil* » (Guichard, 2004, p. 13).

La dualité est recherchée dans la R&D mais aussi dans les processus industriels. Les productions duales ont des débouchés sur les marchés civils et sur les marchés militaires. Les entreprises des secteurs duaux bénéficient d'économies d'échelle et de gamme, respectivement liées à la taille du marché et aux similarités de ressources entre secteur civil et secteur militaire sur certaines parties des processus de production. La dualité est observable tout au long du cycle de vie d'un matériel. Si les entreprises duales interviennent dans la production de systèmes de défense, elles interviennent également dans leur MCO[236].

Le MCO aéronautique est un domaine où le concept de dualité est particulièrement avancé. Des sociétés spécialisées dans le MCO travaillent déjà sur des marchés civils et militaires (*e.g.* ST Aerospace, Standard Aero, Pemco). Parallèlement, de plus en plus

[236] Nous avons déjà évoqué cet aspect dans le chapitre III, section 3, lorsque nous abordions les nouveaux modes de gestion du MCO.

d'entreprises civiles développent leur activité militaire en s'appuyant sur des bases de connaissances duales. Au Canada, Herc Solutions en partenariat avec Cascade Aerospace a obtenu le contrat de MCO de toute la flotte canadienne de C-130 (PIPAME 2010). En Europe, Lufthansa Technik et Air France Industries, partenaires dans la joint-venture de pièces détachées pour l'A380, ont développé un partenariat afin d'offrir une gamme complète de composants pour l'A400M. Dans le MCO, la recherche de dualité joue comme facteur favorisant la proximité géographique entre activités civiles et militaires.

ii) Des changements radicaux dans la conception du MCO

Nous l'avons déjà évoqué précédemment, les matériels modernes (*e.g.* Rafale, Tigre, NH90) ont un MCO très différents des anciennes générations (*e.g.* Mirage, Gazelle, Puma, etc.). Ce MCO est basé sur un « mix » entre le correctif et le préventif[237]. Les opérations de MCO y sont alors de moindre ampleur, mais plus nombreuses. Ces petites interventions sont fréquentes et nécessitent un outillage spécifique. Cette nouvelle approche du MCO en évitant de nombreux aléas, accroît la disponibilité des matériels. Elle est rendue possible grâce à l'évolution des technologies de mesure (censeurs notamment). Nous pensons que pour la plupart des matériels de défense modernes, cette façon de concevoir le MCO est susceptible de renforcer le besoin de proximité entre le lieu de réalisation du MCO et le lieu de mise à disposition des matériels pour les besoins des armées (Droff & Bellais 2013). Compte tenu du poids relatif des matériels d'ancienne génération – par exemple les Mirage représentent encore 70 % du parc d'avions de chasse de l'armée de l'air –, cet effet est encore limité. Néanmoins, avec la mise en service progressive des matériels de nouvelle génération (comme les Rafale par exemple si nous reprenons l'exemple de l'armée de l'air), il ne peut que se renforcer.

À cela s'ajoute l'accroissement de la dimension tertiaire dans le MCO. Dans le secteur naval par exemple, l'étude de Ravix *et al.* (2005) met clairement l'accent sur cette dimension « prestation de service »[238]. Le MCO se caractérise en effet par une forte tertiarisation, elle-même liée au développement des systèmes de défense modernes. Le développement des

[237] Par exemple, sur le Rafale, très peu d'équipements ont une maintenance préventive. La maintenance de cet avion est souvent faite de nuit, entre deux vols. À l'exception des moteurs, il y a très peu de grandes visites, à la différence des Super-Etendard ou des Mirage.

[238] « *Alors que la construction neuve s'apparente à une activité industrielle qui permet de produire un bien (des bâtiments de guerre) (…) l'activité de MCO, quant à elle, évolue de plus en plus vers une activité de prestation de services. En effet, depuis quelques années au sein du MCO on glisse petit à petit d'une notion de métier : « réparer des avaries et entretenir une flotte », en fonction de ligne d'heures de travail commandées par la Marine selon des besoins, à une notion de prestation de services* » (Ravix, Bernard, Hendrickx, De Penanros, & Quéré, 2005, p. 150).

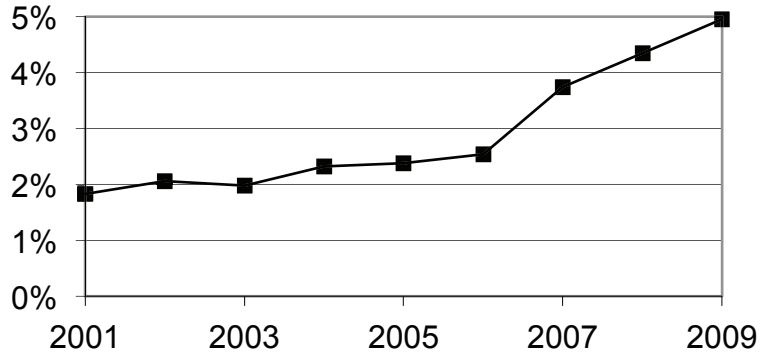
matériels de défense modernes s'accompagne notamment d'une augmentation de la part des productions immatérielles dans leur soutien (*e.g.* mise à jour des logiciels). La maintenance de ces technologies modernes fait fréquemment appel à des services très spécialisés, dans des domaines variés comme l'expertise/conseil ou les prestations techniques (*e.g.* métrologie[239]).

La littérature en économie géographique montre qu'aujourd'hui les bénéfices retirés par les firmes industrielles à se localiser à proximité des services avancés sont tels que l'industrie est devenue relativement plus dépendante de la localisation des services aux entreprises (Jennequin, 2005). De même, les activités de MCO peuvent avoir intérêt à être localisées à proximité des services aux entreprises pour une meilleure productivité et une meilleure réactivité. Or, les services aux entreprises affichent une préférence pour les métropoles (Léo & Philippe, 1998). Dans le MCO, la tendance future pourrait donc être à une localisation au sein – ou du moins à proximité – de zones densément peuplées.

iii) Des externalisations croissantes

En plus de leur contenu fortement tertiaire, les activités de MCO sont de plus en plus externalisées. D'un point de vue général, les externalisations sont en hausse au sein du ministère de la défense depuis le début des années 2000 :

Figure 87 Part des dépenses d'externalisation dans le budget de la défense (2001-2009)



Source : OED, 2010

En 2009, les dépenses d'externalisation dans la défense représentaient 1,69 milliards d'euros (environ 5 % du budget total de la défense). Ces dépenses concernent des fonctions très variées (*e.g.* formation, gestion des infrastructures, maintenance). Selon le Secrétariat Général des Armées (SGA), en 2009, l'armée de l'air externalise le plus de tâches (25 % du

[239] La métrologie est l'ensemble des disciplines liées à la mesure. Plus exactement, elle regroupe l'ensemble des techniques permettant d'effectuer des mesures, de garantir leur exactitude et de les interpréter (Source : DGCIS – Direction Générale de la Compétitivité de l'Industrie et des Services.).

total des externalisations), suivie par l'armée de terre (20 %), la marine (13 %), la DGA (10 %), l'EMA (9,5 %) et le SGA (9 %). À la fin des années 2000, les dépenses de MCO étaient estimées à 73 % du total des dépenses d'externalisation du ministère de la défense (Giscard d'Estaing 2011, p.13). Le cabinet Frost&Sullivan estime qu'en France, les dépenses totales d'externalisation pourraient passer d'environ 1,6 milliards d'euros en 2011 (5 % du budget de la défense) à plus de 2,5 milliards d'euros à l'horizon 2020 (environ 8 % du budget de la défense, sur la base du budget 2013) (Leather, 2011)[240]. Une partie conséquente de cette croissance serait imputable aux dépenses de MCO.

Dans le MCO, l'externalisation peut concerner la fourniture de matériels et de leur soutien initial. Cependant, les relations entre le ministère et l'industrie sont parfois plus complexes. Les modes de contractualisation ont alors évolué de la simple « prestation de sous-traitance » vers une intégration complète de services de soutien (*In Service Support*), en passant par la mise en place de contrats globaux par flotte de matériels, avec parfois la définition d'objectifs de disponibilité, voire l'achat de disponibilité et la mise en place de Partenariats Publics Privés (PPP). La généralisation de ces modes de contractualisation renforce la dimension tertiaire dans le MCO, puisqu'il s'agit bien de proposer un ensemble de services accompagnant l'usage des matériels.

Historiquement, pour beaucoup de matériels, les opérations de NTI 3 étaient fréquemment confiées aux industriels. Cependant, les tendances récentes montrent que les externalisations s'étendent progressivement aux autres niveaux de MCO (NTI 1 et NTI 2) (Francina, 2007). Les services très spécialisés, évoqués ci–avant, concernent tous les niveaux du MCO et sont fréquemment externalisés. L'expérience américaine montre que c'est notamment le cas pour les tâches de MCO des logiciels (Naegle in Rendon & Snider, 2008, p. 97 Chap. 6).

Nous identifions trois principales causes aux externalisations dans le MCO. En premier lieu, l'externalisation peut chercher à combler un réel déficit capacitaire. Ce fut le cas dans certaines activités de MCO – notamment terrestres – suite à la professionnalisation des armées. Ce mouvement s'est essentiellement effectué de façon déconcentrée et au cas par cas en fonction des besoins et des difficultés budgétaires.

En second lieu, l'externalisation peut chercher à combler un déficit capacitaire potentiel. Nous employons le terme « potentiel » dans la mesure où l'État pourrait se doter des

[240] Le cabinet Frost&Sullivan ne calcule que des montants estimés. Les ratios de ces montants rapportés au budget de la défense sont calculés par nos soins.

compétences nécessaires pour assurer l'activité « en interne », mais il ne le fait pas en raison des coûts de développement trop élevés par rapport à des budgets fortement contraints ou encore d'un taux d'utilisation jugé insuffisant des équipements ou des personnels. Il s'agit fréquemment d'activités de MCO situées sur des segments très spécifiques, faisant appel à des matériels et des infrastructures onéreuses ou des compétences très spécifiques, proposées par une main d'œuvre très qualifiée et donc coûteuse.

En troisième lieu, les externalisations peuvent être mises en place dans une perspective plus stratégique de réduction des coûts et de recentrage des armées sur leur «cœur de métier ». L'objectif fondamental est ici de réduire le coût des prestations de MCO. Cette motivation des externalisations est renforcée lorsque les contraintes budgétaires sont fortes. Elle s'inscrit dans une logique planifiée, conseillée et orientée vers la réduction des coûts. On note alors un rôle accru des cabinets d'audit et d'expertise, ainsi que l'implication croissante de grandes entreprises proposant des solutions globales dans le MCO des matériels ou infrastructures (Thalès, DCNS, Veolia, etc.). Ceci permet une efficacité accrue liée à une spécialisation plus poussée de ces entreprises sur certains métiers nécessaires au MCO.

Les externalisations, en provoquant un redécoupage interne/externe des tâches, créent aujourd'hui de nombreuses « passerelles » avec les territoires dans lesquels s'insèrent les activités de MCO. En particulier, lorsqu'elles se combinent avec une dualité civilo-militaire dans la production de MCO, les externalisations jouent comme catalyseur de ce phénomène de « passerelles ».

iv) La question de la proximité dans le MCO

Les changements technologiques et organisationnels incitent à considérer les interventions de MCO dans leur rapport à la proximité.

D'un côté les changements dans les technologies de défense – accroissement de la fréquence des opérations de MCO, combinée avec l'importance grandissante de la dimension tertiaire – renforcent le besoin de proximité car, par nature, beaucoup de services sont souvent intransportables. Dans ce cas, ils doivent être produits là où ils sont consommés. Certaines tâches de MCO nécessitent clairement d'être à proximité d'un matériel (*e.g.* vidange, contrôle de l'état des composites d'un fuselage).

D'un autre côté, certains services bénéficient largement des technologies modernes de l'information et de la communication et peuvent s'affranchir de la distance. Il s'agit notamment des services basés sur un support d'information codifié (Baldwin 2006; Baldwin

2011). Dans le MCO, nous pensons par exemple aux interventions à distance que peuvent réaliser des informaticiens sur un système embarqué (*e.g.* contrôle de certains paramètres à distance, « débogage » de systèmes). Dans cette logique, la combinaison dualité/externalisation/tertiarisation relâche – au moins pour une partie des tâches de maintenance – la contrainte spatiale dans le MCO

Néanmoins, malgré le développement technologique, les contraintes liées à l'espace persistent. La littérature tend notamment à montrer que seules des informations formelles et précises peuvent être transmises *via* les moyens de communications modernes (Prager & Thisse 2010, p.32). Or, dans le MCO, il n'est pas déraisonnable de conclure que la réalisation d'un nombre important de tâches nécessite des informations « tacites stratégiques », liées à la nature « défense » des matériels ou « tacites techniques », liées à la complexité des technologies mobilisées. Nous pensons notamment à la résolution rapide de problèmes sur des matériels de défense complexes. Donc, dans le MCO, le besoin de proximité n'est pas seulement lié au matériel considéré, mais également à la sensibilité stratégique des tâches à effectuer et au caractère tacite de l'information.

Les critères économiques semblent relativement absents dans les choix passés de localisation des sites de maintenance. Dans une perspective historique, la localisation du MCO s'est alors faite sur des facteurs de *première nature*, lesquels sont essentiellement basés sur des caractéristiques exogènes aux territoires *(e.g.* géographie physique, contraintes stratégiques, hasard).

Cependant, sous contrainte budgétaire forte et de croissance des coûts du MCO, nous pensons que différents changements dans la technologie de MCO et dans l'organisation du MCO – notamment la dualité civilo-militaire, les externalisations et la tertiarisation – sont susceptibles de pousser les activités de MCO à l'agglomération. Ces changements renforcent la prise en compte des critères économiques dans les arbitrages de localisation du MCO et peuvent générer des tensions sur une organisation spatiale héritée de l'histoire. Ils conduisent à s'interroger sur le lieu permettant la plus grande efficacité économique du MCO et peuvent inciter à repenser la localisation des activités de MCO. Dans ce réexamen de la localisation, d'autres facteurs de localisation vont alors jouer un rôle important : les facteurs de *seconde nature*. L'importance de ces facteurs de *seconde nature* (relativement aux facteurs de *première nature*) nous conduit à penser que la recherche d'économies d'agglomération est susceptible d'occuper une place importante dans la localisation du MCO.

3.2 La recherche d'économies d'agglomération et l'importance des facteurs *seconde nature* dans la localisation du MCO

Les différents changements dans la production du MCO incitent à la recherche de complémentarités, de synergies et de proximités avec le secteur civil et plus largement de cohérence industrielle avec les territoires. Ces changements sont susceptibles d'accroître le degré de connexion des activités de MCO avec le milieu dans lequel elles s'insèrent. De nouveaux facteurs que nous qualifions de *seconde nature* sont alors susceptibles de peser davantage dans les choix de localisation du MCO. En particulier, les économies d'agglomération sont amenées à jouer un rôle important dans l'organisation spatiale du MCO.

a) Les concepts d'économies de localisation et d'urbanisation

i) Externalités pécuniaires et technologiques

L'agglomération est source d'externalités entre agents économiques, c'est-à-dire d'effets d'interdépendance. Ces externalités font varier positivement ou négativement les coûts et la productivité des agents. Depuis Scitovsky (1954), la littérature distingue deux types d'externalités : les externalités pécuniaires et les externalités technologiques.

Les externalités pécuniaires modifient la fonction de coût d'un agent économique (Scitovsky, 1954, p. 146)[241]. Elles sont liées aux prix et se fondent sur les interactions entre agents sur les marchés. Les externalités technologiques modifient la productivité totale des facteurs et donc la fonction de production individuelle des firmes[242]. Les mécanismes en œuvre font ici souvent référence à des situations de transférabilité ou d'adaptabilité de tout ou partie d'une technologie d'un domaine à un autre (*e.g.* une recherche conduite dans un domaine peut être ensuite adoptée à un autre domaine)[243].

Il est possible de définir les économies d'agglomération comme « *l'ensemble des gains de toutes natures réalisés par les différentes activités du fait de leur proximité géographique et des rendements croissants externes ainsi réalisés* » (Baumont 1997). Selon Hoover (1937), les économies d'agglomération regroupent les économies d'échelle standards

---

[241] "*External economies are invoked whenever the profits of one producer are affected by the actions of other producers (...) This latter type of interdependence may be called "pecuniary external economies" to distinguish it from the technological external economies of direct interdependence*" (Scitovsky, 1954, p. 146).

[242] "*External economies as here defined are a peculiarity of the production function. For this reason it is convenient to call them "technological external economies*"." (Scitovsky, 1954, p. 145).

[243] "*Spillovers refers to a situation in which particular research is done exclusively in one domain and adopted more or less without change in the other*" (Cowan & Foray, 1995, p. 852)

intervenant au niveau de la firme – dont nous avons souligné l'importance dans les deux premières sections de ce chapitre – et les économies de localisation et d'urbanisation. Ces dernières sont des formes d'économies externes que nous abordons ici en raison de leur importance dans le MCO.

ii) Les économies de localisation

Les économies de localisation sont des « *économies externes à la firme mais internes à l'industrie localisée dans une agglomération donnée* » (Catin *in* Auray *et al.* (1994)). Schématiquement, ces économies sont des économies liées à la spécialisation au sein d'un espace donné. Elles sont liées à la taille de l'industrie (ou du *cluster*). Dans son travail séminal sur le sujet, Marshall (1890) citait comme cause des économies de localisation : le partage d'inputs communs, les externalités technologiques et les avantages issus d'interactions sur le marché du travail.

Outre les nombreuses études de « districts industriels » ou « clusters » qui témoignent de l'existence d'économies de localisation[244], ces dernières ont fait l'objet d'études empiriques quantitatives[245]. Ces travaux montrent que les entreprises tendent à choisir des localisations qui accueillent déjà une forte densité de firmes du même secteur (*cf.* Crozet *et al.* (2004)). De plus, la plupart des études montrent que la productivité des entreprises augmente avec la taille de l'industrie. En France, un travail récent sur les économies de localisation conclut qu'une augmentation de 10 % de l'emploi dans des entreprises appartenant à la même industrie augmente la productivité d'une entreprise d'environ 0,4-0,5 % (Martin *et al.* 2011).

iii) Les économies d'urbanisation

La densité des agents économiques divers a des effets sur la productivité des agents économiques (Ciccone & Hall 1996). Les économies d'urbanisation désignent alors les économies découlant de l'agglomération d'activités diverses. Ces économies sont « *externes à la firme et externes à l'industrie à laquelle appartient la firme* » (Catin *in* Auray *et al.* 1994).

---

[244] On peut ici se référer à l'abondante littérature portant sur les districts industriels et les clusters. Voir entres autres : Becattini (1979) pour l'étude des district italiens, Saxenian (1990), Scott & Storper (1991) ou Porter (1990, 2003) pour l'étude des districts/pôles américains et Courlet (2001) pour des études de districts français.

[245] Pour une revue détaillée des aspects empiriques sur ces questions, nous renvoyons le lecteur à deux chapitres de Handbooks: Eberts et Mc Millen, "Agglomeration Economies and Urban Public Infrastructure" *in* Cheshire et Mills (1999) et Rosenthal et Strange, "Evidence on the nature and sources of agglomeration economies" *in* Henderson et Thisse (Chap. 49 2004, p. 2119-2171). Le lecteur intéressé par l'approfondissement de ces questions sur les plans empiriques et théoriques pourra aussi consulter l'article de Puga (2010) .

Liées à la diversification des activités et aux effets inter-sectoriels au sein d'un espace donné, ces économies sont « *fortement hétérogènes* » (Polèse 1994). Elles sont liées à la dimension d'une agglomération (*e.g.* une ville).

Les économies d'urbanisation résultent entres autres du nombre d'agents en un lieu, de leur concentration spatiale, de la présence d'infrastructures, des services aux entreprises. Globalement, ces économies découlent d'un accès à un marché plus important. Ce « marché »[246] plus important permet la viabilité économique de services spécialisés privés (*e.g.* design industriel, publicité, finance, services médicaux) ou publics (*e.g.* infrastructures de transport, d'éducation, de soin, de recherche publique).

S'il est très difficile d'isoler, l'effet « économies de localisation » de l'effet « économies d'urbanisation »[247], diverses études tendent à montrer que la productivité du travail augmente avec la taille de la ville. En moyenne, l'élasticité de la productivité par rapport à la taille de la ville varie entre 3 % et 10 % (Puga 2010). À partir de données microéconomiques précises[248] dans le cas français, Combes *et al.* (2011) avancent que sur la période 1860-200, un doublement de la densité d'emploi dans les agglomérations a entraîné une augmentation de la productivité du travail de 5 %.

Les économies de localisation et d'urbanisation apportent des avantages aux agents économiques qui s'agglomèrent à travers des mécanismes microéconomiques complémentaires de *sharing*, *matching* et *learning* (Duranton & Puga 2004). Ces mécanismes nous servent ici de support théorique pour décrire l'origine des économies d'agglomération dans le MCO et nous permettent de souligner l'importance des facteurs de *seconde nature* dans la localisation du MCO.

b) Les mécanismes de sharing, matching et learning dans le MCO

i) Le sharing

Le *sharing* désigne le partage de ressources communes entre agents économiques :

---

[246] Le terme « marché » est ici entre guillemet car en dépit du fait qu'il s'agisse bien de consommateurs, le terme ne renvoie pas forcément à une dimension marchande. C'est le cas notamment des services de sécurité publique, d'éducation, etc…

[247] "*Theory links the two inextricably by suggesting that agglomeration economies exist when firms in an urban area share a public good as an input to production*" (Eberts & Mc Millen, 1999, p. 1459).

[248] L'emploi de données microéconomiques est une voie prometteuse dans la littérature. En effet, les phénomènes d'agglomération – localisation et urbanisation – sont microéconomiques par nature. Or, faute de données, beaucoup d'études présentent des résultats issus de données collectées à l'échelle macro ou régionale.

Premièrement, la localisation sur un même site favorise le partage des indivisibilités entre agents d'un même secteur industriel (*e.g.* infrastructures, services) dont les coûts d'installation individuels sont trop élevés, ce qui contribue à réduire les coûts individuels d'usage (Puga 2010, p.210). Parmi ces indivisibilités, on retrouve très fréquemment certains coûts fixes – souvent irrécupérables – associés à la formation de la main d'œuvre (*e.g.* écoles techniques spécialisées, revues spécialisées à circulation locale).

Des activités de MCO différentes peuvent avoir des inputs communs à leur processus de production. On peut très bien envisager que des inputs (*e.g.* compétences, outillage) développés dans la mécanique basée sur les métaux puissent par exemple être mutualisés entre la maintenance aéronautique et la maintenance terrestre, ce qui évite les doublons de chaîne de production. De plus, dans une perspective de dualité industrielle civilo-militaire, les activités de MCO civiles et militaires peuvent partager des indivisibilités communes à leur processus de production (*e.g.* bancs d'essai de moteur d'avion, grues). Certains véhicules de transport civils et militaires – poids-lourds notamment – ont des caractéristiques similaires pour lesquels il est possible de mutualiser un certain nombre d'infrastructures et de compétences de MCO, le futur A400M a des caractéristiques communes avec les appareils civils d'Air France (notamment l'A380). Ce mécanisme de *sharing* fait d'autant plus sens dans le MCO que de plus en plus d'activités sont maintenant externalisées.

Ce partage du coût des indivisibilités peut aussi se faire à l'échelle d'une ville. Du côté des indivisibilités, les biens publics comme les infrastructures portuaires, les autoroutes, lignes à grande vitesse ou aéroports peuvent être considérés comme des inputs de production dans les processus de MCO. Le partage du coût de ces indivisibilités par des acteurs militaires ou civils, contribue à réduire leur coût moyen. Il s'agit là d'une conception véritablement duale des infrastructures nécessaires de façon directe ou indirecte au MCO.

Deuxièmement, l'agglomération favorise le partage des fournisseurs. La présence au sein d'une localisation d'un grand nombre d'entreprises appartenant au même secteur d'activité permet d'accroître l'offre globale de biens et services intermédiaires. Ceci facilite la réalisation d'économies d'échelle par les fournisseurs de biens et services intermédiaires. De plus, lorsque les biens et services intermédiaires sont spécifiques, la proximité spatiale réduit les coûts de transaction. O'Sullivan (1996) montre par exemple que les firmes de haute technologie se localisent à proximité des fournisseurs de composants électroniques pour réduire les coûts d'obtention des composants non standardisés. En considérant une dualité

industrielle civilo-militaire de plus en plus présente dans le MCO, ce mécanisme est susceptible de jouer un rôle de plus en plus important. Les activités de MCO civiles et militaires peuvent en effet partager des fournisseurs communs, notamment lorsque les matériels entretenus présentent un nombre important de caractéristiques communes et qu'un nombre important de tâches de MCO sont externalisées.

Les activités militaires et civiles partagent des marchés communs, et en raisonnant à l'échelle d'une agglomération, un marché plus important apporte une viabilité économique à des entreprises occupant des niches de spécialisation diverses. Ces niches spécialisées peuvent être indispensables au MCO qui, nous l'avons vu précédemment, fait souvent appel à des compétences très spécifiques. La localisation à proximité d'un vaste marché permet alors de bénéficier plus aisément de diverses activités très spécialisées (*e.g.* conseil juridique ou technique, expertise). Il s'agit ici d'une forme de dualité – privée et publique – liée à des activités privées, lesquelles sont nécessaires aux activités publiques militaires. Le jeu est à double sens et en retour, les activités militaires publiques renforcent le maintien régional des activités privées en pérennisant leur marché *via* les commandes publiques. Plus les externalisations augmentent, plus ce phénomène de rétroaction positive se renforce.

ii) Le matching

Dans la littérature, le *matching* se réfère à la capacité d'améliorer l'appariement entre les caractéristiques réciproques des agents dans un espace donné. Une augmentation des agents essayant de s'apparier entraîne une probabilité d'appariement plus élevée et une augmentation des agents essayant de s'apparier accroît la qualité espérée de chaque appariement (Berliant, Reed, & Wang, 2006). Le *matching* concerne généralement les fournisseurs ou la main d'œuvre.

Le *matching* avec les fournisseurs peut être un élément clé de la productivité du MCO. « Être en retard », par rapport aux attentes de la demande (le « client militaire ») peut entraîner des coûts, *a fortiori* lorsque le « facteur temps » est stratégique (comme par exemple lorsque les contrats de maintenance passés avec les industriels incorporent des niveaux de disponibilité à respecter). Dans le MCO, le coût d'opportunité peut être élevé et la co-localisation permet de « contenir » ce coût.

Concernant le marché du travail, lorsque le temps nécessaire pour trouver et former une main d'œuvre compétente comporte un coût d'opportunité important, les possibilités de trouver une main d'œuvre qualifiée et expérimentée sont plus grandes dans un lieu où se trouvent plusieurs établissements appartenant à la même industrie. L'importance de ce type de

mécanisme sur le marché du travail a été mise en avant dans la *Silicon Valley* (Californie). Dans cette région, les entreprises produisant des logiciels – de petites tailles, avec des coûts de lancement importants et des risques élevés – expérimentent très peu d'économies d'échelle. En revanche, les effets de *matching* liés à la concentration spatiale d'une main d'œuvre très spécialisée facilitent la recherche de salariés qualifiés pour monter des projets, tout en réduisant les délais et les coûts d'ajustements.

Dans le MCO, le *matching* sur le marché du travail peut jouer un rôle important dans la mesure où les compétences sont souvent très spécifiques et où les coûts d'opportunité liés à l'urgence peuvent être importants. Concernant la main d'œuvre spécialisée en MCO, en favorisant la transmission des informations entre les agents à propos des caractéristiques du marché du travail (*e.g.* conditions de travail, salaires), la co-localisation peut réduire les temps d'embauche ou de mise en production, ce qui *in fine* contribue à améliorer la réactivité du MCO.

À l'échelle d'une agglomération dans son ensemble, le fait d'être localisé dans un bassin d'emploi plus grand et diversifié facilite le recrutement de travailleurs de tous types et de toutes qualifications, aussi bien dans des métiers purement spécialisés dans la maintenance (*e.g.* mécanique, électronique, informatique) que dans des métiers « de soutien », mais néanmoins essentiels au fonctionnement du MCO (*e.g.* administration, gestion). Ici encore nous sommes dans une forme de dualité aussi bien civile-militaire que publique-privée.

iii) Le learning

Le *learning* s'entend comme des effets d'expérience, d'apprentissage et d'innovation favorisés par la diffusion, de l'information et des connaissances, au sein d'une agglomération[249]. Ce mécanisme fait notamment référence aux interactions sociales des agents économiques, dont un certain nombre nécessitent des « face-à-face ». Plusieurs mécanismes complémentaires expliquent le phénomène de *learning* :

Premièrement, l'agglomération favorise les gains issus de la spécialisation (Puga 2010, p.212). Au fur et à mesure que s'accroît une agglomération, le nombre de firmes opérant dans le secteur des biens intermédiaires augmente, permettant ainsi une division plus fine et poussée des tâches (Fujita & Thisse 2002). Dans le MCO, cet argument nous semble

[249] Ces « économies » liées au *learning* ont été formalisées et intégrées dans un cadre macroéconomique par Arrow et Romer, dans l'étude de la croissance endogène (*cf.* Arrow (1962) et Romer (1986)).

important dans la mesure où la division du travail y est de plus en plus poussée et sur des tâches très spécifiques.

Deuxièmement, parce qu'elle engendre des débordements d'information et de connaissance, l'agglomération favorise le partage d'information (Glaeser 1999). La proximité spatiale entre les agents économiques facilite l'acquisition des qualifications, l'échange et la diffusion d'informations et de connaissances[250]. Notamment, l'agglomération permet de réduire les coûts d'accès aux informations sensibles à la distance. Lorsque les informations ont un caractère tacite ou stratégique, la transmission de l'information requiert le face-à-face et les acteurs ont intérêt à se regrouper spatialement (Prager & Thisse 2010, p.32). Par exemple, en se localisant auprès d'entreprises du même secteur d'activité, les entreprises améliorent la probabilité d'être informées des évolutions essentielles concernant leurs activités et des gains de productivité peuvent être réalisés du fait de cet accès facilité à l'information. La littérature montre que cet argument est particulièrement important dans les secteurs « intenses en information » (*e.g.* finance, industries de haute technologie)[251]. À l'échelle d'une ville, ces économies de communication et d'information peuvent concerner l'interaction entre toutes les activités dites « de niveau supérieur » (politiques, administratives, stratégiques, financières).

Le MCO est une activité que l'on peut considérer comme relativement intense en transmission d'informations. Cette transmission d'informations est d'autant plus importante que les systèmes de défense sont complexes (*e.g.* Rafale, Tigre, frégates et sous-marins de nouvelles générations). Nous pensons notamment aux diverses informations circulant entre les industriels et l'armée ou entre les différentes équipes s'occupant de différentes parties d'un matériel.

Troisièmement, l'agglomération favorise la création, l'innovation et l'accumulation des connaissances. Les agents économiques se regroupent afin de partager leurs connaissances et l'agglomération permet la promotion du développement des nouvelles manières de produire (Duranton & Puga 2004). Dans une perspective plus dynamique, le lieu où se regroupent les agents économiques devient en quelque sorte dépositaire des connaissances et surtout de l'expérience des agents vis-à-vis du processus de production. Suivant cette idée, en se plaçant dans un bassin de main d'œuvre spécialisée et expérimentée,

[250] Voir : Glaeser (1999) et Durlauf, "Neighborhood effects" *in* Henderson et Thisse (2004, p. 2173-2242).

[251] Audretsch et Feldman (1996) ont notamment montré que les industries innovantes sont spatialement plus concentrées que les autres industries.

une entreprise maximise ses chances de profiter de la formation et de l'ensemble des expériences acquises par les travailleurs dans des établissements connexes et parfois concurrents.

Cet aspect du *learning* nous paraît important dans la mesure où les activités de MCO nécessitent de plus en plus de connaissances scientifiques. La proximité spatiale pourrait alors favoriser la diffusion de ces connaissances, leur application aux techniques du MCO et leur capitalisation. Cet argument nous semble d'autant plus valable que ces connaissances doivent être renouvelées très rapidement dans la défense. À l'échelle d'une ville, c'est l'accessibilité à des fonctions supérieures centrales et urbaines (*e.g.* formation universitaire, centres de recherche) qui est facilité dans le *learning*. La localisation dans une zone densément peuplée accueillant des fonctions comme celles citées en exemple peut alors contribuer à accroître les capacités de management et la productivité dans le MCO. En ce sens, l'offre de formations – enseignement professionnel et universitaire – peut contribuer à orienter les décisions de localisation des activités de MCO.

Suite à cette étude des facteurs de localisation dans le MCO – et de leur évolution à travers le temps –, nous proposons un tableau synoptique résumant les facteurs de *première nature* et de *seconde nature*, en distinguant les trois grands types de MCO (naval, aéronautique et terrestre) :

Tableau 18 : Tableau synoptique des facteurs de localisation dans le MCO

	MCO naval	MCO aéronautique	MCO terrestre
Facteurs *de première nature* **MCO « hors territoire »** **Importance :** - Des facteurs géographiques intrinsèques - Des facteurs géographico-stratégiques	- Accès à la mer. - Lieu naturellement protégé. - Menace susceptible de s'exercer sur le littoral.	- Lieux éloignés des frontières potentiellement « ennemies » (sauf cas de la maintenance légère)	- Lieux éloignés des frontières potentiellement « ennemies ». - Relief peu prononcé.
Facteurs *de seconde nature* **MCO « territorialisé »** **Importance :** - Des économies de localisation/spécialisation/taille du cluster. - Des économies d'urbanisation/diversification/taille de la ville. - Des mécanismes de : - *sharing* - *matching* - *learning*	- Proximité avec les activités navales civiles pour les navires faiblement armés (*e.g.* patrouilleurs, bateaux école). Synergies plus limitées pour les navires fortement armés. - Proximité avec des activités de R&D et d'enseignement supérieur (informatique, traitement du signal, nouveaux matériaux).	- Pôles de maintenance de flottes civiles (économies de gamme). - Sites aéroportuaires non-engorgés. - Proximité avec des activités de R&D et d'enseignement supérieur (informatique, traitement du signal, nouveaux matériaux).	- Pôle de maintenance de véhicules civils (*e.g.* camions). - Recherches de proximités avec les industries civiles de matériels de transport et les activités spécialisées dans la logistique. - Proximité avec des axes de transport multimodaux. - Proximité avec des activités de R&D et d'enseignement supérieur (informatique, traitement du signal, nouveaux matériaux – notamment pour les blindages –).

3.3 La recherche d'économies d'agglomération dans le MCO : une illustration à partir du *cluster* aéronautique aquitain

Porter (1998) définit un *cluster* comme étant *« un réseau d'entreprises et d'institutions proches géographiquement et interdépendantes, liées par des métiers, des technologies et des savoir-faire communs* ». Compte tenu de l'évolution des systèmes de défense et de l'émergence du MCO comme « métier en soi », que des « *clusters* du MCO » vont se développer. Comme ces « *clusters* du MCO » sont relativement nouveaux, leur identification n'est pas toujours aisée. Cette identification est d'autant moins facile que les activités de MCO peuvent parfois se confondre avec celles de fabrication de matériels de défense[252].

Pour illustrer la recherche d'économie d'agglomération dans le MCO, nous proposons une analyse descriptive de l'agglomération bordelaise qui forme un *cluster* thématique spécialisé dans le MCO aéronautique, civil et de défense. Ce territoire nous semble assez illustratif d'une recherche volontaire et conjointe d'économies d'agglomération – avec les mécanismes de *sharing*, *matching* et *learning* – susceptibles de bénéficier aux armées, aux industriels et à la région Aquitaine.

À notre connaissance il n'existe pas d'étude sous cet angle dans la littérature, ce qui explique cette première illustration purement descriptive d'une situation empirique. Nous ne cherchons pas à mettre en place une analyse empirique sur cet angle de recherche. Néanmoins, nous précisons que cette première approche des économies d'agglomération dans le MCO mérite une analyse de terrain plus approfondie, laquelle pourra être réalisée dans une recherche ultérieure.

a) Un développement s'inscrivant dans une trajectoire historique

On observe d'abord, dans l'agglomération bordelaise, le développement d'un parc industriel dédié aux activités aéronautiques civiles et militaires : l'Aéroparc. Ce parc accueille de grands groupes aéronautiques comme Dassault, Thales, EADS, Novespace, Tat Group, Sabena Technics, EADS ou Sogerma. Au total, il rassemble près de 10 000 emplois dans le secteur Aéronautique Spatial Défense (ASD). Parmi les activités présentes, on retrouve, entres autres, la production d'avions d'affaire et de combat, ainsi que leur MCO, la production de missiles, de carburants pour missiles et fusées, systèmes embarqués pour avions, etc… Ce

[252] Il est par exemple très fréquent que certaines entreprises du MCO travaillent comme sous-traitants des grands donneurs d'ordre de l'industrie de défense ou que ces grands donneurs d'ordre soient eux-mêmes des acteurs majeurs du MCO (Dassault ou DCNS par exemple).

parc d'activités est localisé à proximité de l'aéroport de Bordeaux-Mérignac et présente un gisement foncier avec « accès pistes », critère de localisation déterminant pour les activités aéronautiques.

Dans la continuité de cette trajectoire historique orientée vers l'aéronautique depuis la première guerre mondiale puis les années 1920, les activités autour du MCO – civil et militaire – se développent en Aquitaine. À la fin des années 2000, on estime qu'entre 20 et 25 % de l'activité nationale du MCO aéronautique de défense se déroulaient en Aquitaine[253]. À titre d'illustration, au début des années 2010, les deux établissements de l'AIAé de Bordeaux et de Turbomeca Tarnos entretiennent 90 % des moteurs d'avions et d'hélicoptères des armées françaises. Au total, près de 5 000 emplois seraient concernés par les contrats de MCO.

Ces cinq dernières années, sur le territoire bordelais, ce choix de développement autour du MCO s'est particulièrement affirmé. Depuis 2007, la Base Aérienne 106 à Mérignac accueille le commandement du soutien des forces aériennes (CSFA)[254]. En 2012, l'arrivée de la SIMMAD à Mérignac a renforcé la spécialisation dans le MCO aéronautique militaire. De façon complémentaire à ce dispositif militaire, les grands donneurs d'ordre comme Dassault et Thales pilotent une part importante du système de soutien depuis leurs sites aquitains. Autour de la SIMMAD et des principaux industriels du MCO, le territoire cherche à développer un cluster spécialisé dans le MCO aéronautique.

b) Les effets attendus de cette « clusterisation »

Nous identifions quatre principaux domaines où les effets de cette « clusterisation » sont attendus. Il s'agit de l'amélioration de la réactivité et de la productivité du MCO, de la formation de la main d'œuvre, de l'innovation et du développement régional.

[253] Source : http://www.adsshow.eu

[254] À l'origine, cette base aérienne est plutôt une « petite base ». Si un escadron de chasse a résidé dans cette base de 1978 à 1992, la base est depuis occupée par l'escadron de transport 43 Médoc. Cet escadron gère les liaisons et le transport de l'état-major grâce à des appareils légers (TBM 700 et Fennec). Les récents mouvements de concentration d'effectif et le développement de l'activité MCO autour de la BA 106 font que cette dernière devrait à terme accueillir près de 2 700 personnes (militaires et civils).

Premièrement, la mise en place de ce cluster peut favoriser une meilleure productivité ainsi qu'une meilleure réactivité dans le MCO. En ce sens, le cluster contribue à réduire les coûts industriels et le Coût Social Opérationnel du MCO[255].

Prenons un exemple concret. Le ministère de la défense cherche à développer des plateaux techniques. Véritables innovations organisationnelles, ces plateaux sont des espaces où se co-localisent les militaires et les industriels. La conception du MCO « en plateau » suppose une intégration plus forte entre armées et industriels, comme le montre le cas pionnier du travail entre l'armée de l'air allemande et la société Cassidian à Manching (Bellais 2013, p.21). Le travail en plateau permet de mutualiser des infrastructures (*e.g.* locaux, machines, outils), favorise des échanges très réactifs, facilite le retour sur expérience. À travers les mécanismes de *sharing*, *matching* et *learning,* ce type de dispositif fait jouer les économies d'agglomération en optimisant les circuits de décisions entre la SIMMAD et ses différents partenaires et plus généralement contribue à la simplification des interfaces entre acteurs.

La démarche peut s'illustrer encore plus concrètement avec le projet CICOMORE (cellule intégrée de coordination de la maîtrise d'œuvre des réacteurs). Localisé au sein de l'AIA de Bordeaux, ce projet s'appuie sur des plateaux qui rassemblent, dans un même bâtiment et sur les mêmes produits, les responsables des opérations du MCO pour sa partie « opérationnelle » et les responsables industriels (*e.g.* SIAé, Dassault, Snecma). Selon certains retours d'expériences, la mise en place de ce type de structure permettrait de gagner de 10 à 15 % de disponibilité supplémentaire des réacteurs pour un même coût (Chabbert, 2010). Après le succès du premier plateau expérimental, quatre autres plateaux ont été lancés en 2011, ce qui témoigne d'un certain succès du dispositif.

Deuxièmement, l'agglomération d'activités liées au MCO aéronautique permet d'améliorer la qualité de la main d'œuvre et l'offre de formation.

Dans la formation, on observe ici une mutualisation des infrastructures entre secteur civil et militaire, mais aussi entre secteur privé et public. En termes de formation, l'Aquitaine dispose d'une filière complète pour la formation aux métiers de la maintenance – des Bac Pro aux diplômes d'ingénieurs – avec notamment cinq établissements titulaires d'un certificat

[255] *cf.* section 1 de ce chapitre pour un développement du concept de Coût Social Opérationnel (CSO).

PART 147[256]. Le Conseil régional d'Aquitaine a développé un centre de formation européen dans le MCO aéronautique : l'Aerocampus Aquitaine. Ce centre est localisé sur l'ancien site du Centre de Formation de Latresne de la DGA. L'Aerocampus Aquitaine et l'Université de Bordeaux avec l'IMA (Institut de Maintenance Aéronautique) se sont associés aux centres de formation des armées pour lancer le premier plateau dual Aéroformation[257]. Enfin, le pôle de compétitivité Aerospace Valley – plus dispersé sur l'agglomération bordelaise – regroupe de nombreux centres d'ingénierie et de formation ayant des activités dans l'aéronautique.

Troisièmement, cette démarche d'agglomération est susceptible d'améliorer les échanges entre acteurs, ce qui peut favoriser l'innovation. La constitution de ces différents pôles a en effet pour but de favoriser les échanges réciproques et de favoriser le dialogue entre les acteurs industriels, les pouvoirs publics (locaux et régionaux) et les établissements de recherche. Les mécanismes de *learning* peuvent s'exercer ici.

Des exemples allant dans ce sens peuvent être présentés. Parmi ceux-ci, une convention de partenariat a été signée entre la région Aquitaine et Astrium (division spatiale d'EADS) pour développer un pôle régional de compétence dans les matériaux composites. Parmi les objectifs assignés à ce pôle, il s'agit notamment de renforcer l'excellence de la recherche scientifique et d'organiser le transfert de technologie entres acteurs exerçant dans le domaine des composites sur le territoire aquitain. De façon plus globale, sur l'ensemble du territoire, le conseil régional d'Aquitaine a lancé en juin 2012 une opération d'*interclustering* réunissant pour la première fois des représentants des cinq pôles de compétitivité et des quatorze *clusters* aquitains et les présidents des universités (Mandraut 2012).

Enfin, dépassant le cadre strict du MCO, les complémentarités qui existent entre recherche civile et militaire sont révélatrices des potentielles économies d'agglomération réalisables. Ces dernières années, les pouvoirs publics ont mis en place différents outils et dispositifs. Nous pensons notamment au dispositif RAPID (régime d'appui aux PME pour l'innovation duale) mis en place par la DGA en mai 2009. Pour l'année 2012, ce dispositif et le soutien aux pôles de compétitivité représentent près de 53 millions d'euros (Eckert 2012, p.29). Initialement prévu pour soutenir l'innovation duale des PME, le dispositif a été étendu aux entreprises de taille intermédiaire en 2011. Parmi ces entreprises, certaines oeuvrent au

[256] L'agrément PART 147 définit les exigences que doit satisfaire un organisme postulant pour l'agrément en qualité d'organisme de formation de personnels de maintenance d'aéronefs.

[257] Notons au passage que le terme « dual » souligne à nouveau cette interconnexion entre activités civiles et militaires.

sein de « pôles MCO » et peuvent bénéficier de l'aide de RAPID pour proposer des solutions innovantes permettant de réduire les coûts de MCO et/ou d'accroître la disponibilité des matériels.

Quatrièmement, le développement de ce *cluster* thématique peut favoriser l'économie régionale.

D'abord l'activité de MCO peut jouer un rôle contra-cyclique en garantissant à la région un volume de commandes relativement stable. Ainsi, en Aquitaine, en 2010, « *les établissements spécialisés dans la maintenance et le secteur des services ont accru leur activité liée à l'aéronautique, malgré la crise* » (Insee Aquitaine & Insee Midi-Pyrénées 2011, p.18). Dans les services notamment, les sociétés spécialisées en informatique ont été particulièrement soutenues sur la période 2009-2011.

La constitution de ce pôle pourrait aussi favoriser le développement d'activités nouvelles associées aux contrats globaux d'entretien des matériels, comme l'ingénierie des systèmes MCO (*e.g.* système d'information pour le pilotage des flottes) ou la logistique, activité à la technicité croissante et qui s'externalise de plus en plus (*e.g.* projection de matériel en opération extérieure). L'activité industrielle autour des nouveaux matériels comme le Rafale, l'A400M ou le NH90 favorise le développement de filières comme les systèmes embarqués ou les matériaux composites. L'Aquitaine est alors relativement spécialisée dans les composites. Elle compte notamment Dassault Aviation à Biarritz-Anglet, Snecma Propulsion Solide (spécialisée dans les matériaux thermostructuraux) ou encore Astrium Space Transportation (spécialisée dans les matériaux composites à matrice organique avec des applications spatiales civiles et militaires). À plus long terme, le territoire pourrait bénéficier de retombées technologiques. Par exemple, autour d'Astrium, le travail de recherche sur les matériaux composites utilisés en aéronautique est appliqué à la conception de pales d'éolienne, ce qui permet aux PME de diversifier leurs portefeuilles d'activités.

Connectée aux activités de MCO aéronautique militaire « classiques » (*e.g.* avions), une véritable filière autour de la fabrication et de la maintenance de drones se développe en Aquitaine, avec notamment Thales Systèmes Aéroportés, des PME et des laboratoires de recherches réunis au sein d'un véritable « club drone » (Mandraut 2009). Les pouvoirs publics locaux renforcent cette trajectoire de développement en favorisant les activités liées aux drones (navigation, sécurité, communications). Dans cette logique, la technopole Bordeaux Technowest s'est positionnée sur les filières aéronautiques légères concernant l'intelligence

embarquée et les drones en particulier. Sur ce pôle, une zone spécifique et unique en France permet de réaliser des essais et de présenter les drones en vol. Le partenariat établi entre la DGAC, l'armée de terre, Thales et Bordeaux Technowest-Aéroparc, a permis la mise en place d'une infrastructure spécifique.

Dans ces domaines, il existe bien entendu des connexions avec d'autres pôles localisés en Aquitaine (*e.g.* Pôle des applications satellitaires, Route des lasers, Pôle numérique), ou dans la région Midi-Pyrénées. En novembre 2011, le ministère de la défense, les régions Aquitaine et Midi-Pyrénées et les entreprises Aéronautique représentées par la BAAS (Bordeaux Aquitaine Aerospace & Spatial) ont d'ailleurs signé un engagement pour le développement et la compétitivité de la filière MCO.

Nous avons vu que, par la proximité géographique et fonctionnelle des acteurs étatiques et industriels qu'elle offre, la région aquitaine occupe une place centrale dans le MCO aéronautique de défense. La présentation de ce cas n'avait qu'un but illustratif et d'autres « pôles MCO » mériteraient d'être étudiés dans le détail. Nous pensons qu'il est possible d'identifier d'autres « pôles MCO ». Dans l'aéronautique par exemple, on observe un *cluster* orienté « voilures tournantes » dans l'agglomération de Marseille (autour d'Eurocopter notamment). Dans le MCO naval, les sites de Brest et de Toulon forment de véritables *clusters* navals du MCO, eux-mêmes intégrés dans les pôles de compétitivité régionaux (respectivement le Pôle Mer Bretagne et le Pôle Mer PACA). Des entreprises de défense comme DCNS et Thalès y jouent des rôles importants comme donneurs d'ordre majeurs.

Conclusion de la section 3

La localisation des activités de MCO est une dimension importante de l'organisation spatiale du MCO. En matière d'implantation des activités de MCO, un premier niveau de lecture effectué dans une perspective historique permet de mettre en évidence l'importance des facteurs de *première nature* (caractéristiques géographiques intrinsèques, caractéristiques géographico-stratégiques). Suivant cette logique, un centre de maintenance lourde de matériels militaires sera donc implanté dans un lieu nécessaire au fonctionnement du matériel considéré – facteur géographique intrinsèque – et à bonne distance des sources de menace et de vulnérabilité – facteurs géographico stratégiques –.

Les choses se complexifient lorsqu'on considère l'évolution des technologies de défense et les différentes manières de développer, d'appliquer et de gérer ces technologies. Un deuxième niveau de lecture permet de suggérer que les activités de MCO peuvent être

relativement plus détachées des facteurs de *première nature* dont l'importance va peser relativement moins dans le choix du décideur public en matière de localisation. Ce détachement relatif est amplifié par la recherche d'économies.

Les facteurs de *deuxième nature* sont alors susceptibles de jouer un rôle important dans la localisation du MCO. La recherche d'économies d'agglomération au sein de *clusters* du MCO peut notamment être vue comme la contrepartie de changements technologiques et organisationnels majeurs et récents dans le MCO. On peut alors observer une recherche d'économies « de localisation » – internes à l'activité de MCO – et s'inscrivant dans une logique de spécialisation territoriale. Dans ce cas, un centre de maintenance gagne à être localisé dans un espace où sont présentes d'autres activités du secteur MCO. On peut également noter des économies « d'urbanisation » – externes au secteur MCO – qui s'observent plutôt dans une logique de diversification territoriale. Dans ce dernier cas, certaines activités de MCO peuvent avoir intérêt à être localisées près d'une grande agglomération.

Sous contrainte budgétaire forte, ces évolutions amènent à reconsidérer les choix de localisation dans le MCO. Cette réorganisation des moyens du MCO fait que la question de la localisation se pose et conduit le décideur public à s'interroger sur le lieu permettant la plus grande efficacité économique. Cette importance des facteurs de *deuxième nature* dans la localisation du MCO nous semble être soulignée par les discours officiels actuels, qui mettent particulièrement l'accent sur les synergies et les connections entre les activités de MCO et les économies régionales. Le cas du *cluster* MCO aéronautique en Aquitaine constitue à ce titre une illustration. Plus largement, cette dynamique incite à examiner le rapprochement entre l'économie du MCO et l'économie des territoires à travers la construction d'une double dualité, une dualité entres activités militaires et civiles, mais aussi entre activités publiques et privées.

Finalement, la prise en compte des interactions du MCO avec les économies régionales souligne que l'efficacité du choix relatif à l'organisation spatiale du MCO n'est pas seulement liée à une question de distance et d'économies d'échelle, mais dépend aussi de ressources inégalement réparties dans l'espace. Ces ressources, territorialement inscrites, vont venir moduler les paramètres de bases de la configuration spatiale de la maintenance (CSO et productivité du centre). Dans l'organisation spatiale du MCO, il est alors possible de supposer qu'un lieu puisse être préféré à un autre par le décideur public parce qu'il permettra de se rapprocher de ressources déjà existantes.

Cette section a posé des concepts susceptibles d'être intégrés au modèle de spatialisation présentée dans les sections 1 et 2 de ce chapitre. Les concepts mobilisés et appliqués au domaine du MCO (économies de localisation, économies d'urbanisation, mécanismes de *sharing*, *matching* et *learning*) peuvent être approfondis lors de travaux futurs.

D'abord, compte tenu de l'absence de données, une étude empirique sur les facteurs de localisation n'a pas été possible. Le cadre d'analyse développé dans cette section mérite d'être approfondi lors de futurs travaux de terrains. Cette première analyse des économies d'agglomération dans le MCO peut être approfondie par des travaux empiriques qualitatifs (*e.g.* études de cas de type « analyse de district »), mais aussi quantitatifs (*e.g.* études économétriques – si toutefois l'accès à des bases de données avec des informations microéconomiques était rendu possible –).

Ensuite, dans cette section, notre analyse s'est portée exclusivement sur les facteurs de localisation au sein d'un pays (ici la France). Compte tenu de l'évolution des armées en Europe et des débats concernant la construction d'une défense européenne, il peut être intéressant de différencier deux échelles d'analyse territoriale dans cette recherche d'économies d'agglomération dans le MCO : l'échelle nationale et l'échelle multinationale (*e.g.* l'Union Européenne, une alliance comme l'OTAN).

Conclusion du chapitre IV

Le dernier chapitre de cette thèse a proposé une conceptualisation du MCO des matériels de défense dans un cadre spatial. La démarche entreprise est relativement complexe dans la mesure où les spécificités du sujet font que beaucoup de modèles couramment usités en économie géographique/spatiale ne peuvent pas s'appliquer. Bien que perfectible, notre démarche permet une première approche conceptuelle des principaux paramètres qui structurent la configuration spatiale du MCO.

Dans la section 1 nous avons présenté les concepts de base qui, selon nous, permettent d'expliquer la configuration spatiale du MCO. Nous avons pris comme point de départ l'arbitrage simple entre coût d'implantation d'une infrastructure de MCO et les coûts liés à la distance. Parmi les coûts liés à la distance, nous distinguons les coûts de transport et le Coût Social Opérationnel (CSO). L'originalité de l'approche réside dans l'introduction de ce CSO.

L'introduction d'une contrainte opérationnelle liée à la distance révèle logiquement une configuration spatiale plus dispersée. Avec un CSO corrélé à la distance, une baisse du coût de transport n'entraîne pas forcément une configuration spatiale plus concentrée. En effet, le CSO appuie les forces centrifuges et la prise en compte de l'ensemble des coûts liés à la distance dans le modèle (Ψ) freine la concentration et maintient une dispersion relativement forte, ceci en dépit de paramètres économiques qui poussent à la concentration. *In fine*, les paramètres classiques de l'économie spatiale, combinés avec un paramètre stratégique, permettent d'intégrer certaines spécificités des armées dans l'explication de la configuration spatiale du MCO. L'enjeu pour le décideur public consiste à parvenir à une configuration spatiale « raisonnable » entre efficacité économique et militaire.

Nous pensons que la logique spatiale du MCO doit être pensée par niveaux ou degré de moyen industriel. Aussi, pour plus de réalisme, nous avons fait évoluer le modèle dans ce sens. Nous avons alors distingué plusieurs niveaux dans le MCO. La prise en compte des trois niveaux industriels du MCO (NTI 1, NTI 2 et NTI 3) – avec des valeurs différentes des paramètres de base pour chaque niveau – permet d'esquisser une configuration spatiale plus proche de ce qui est observé dans l'organisation industrielle réelle du MCO.

Dans la section 2 nous avons développé un modèle dans lequel le décideur public arbitre entre deux configurations spatiales pour assurer le MCO : une configuration spatiale dispersée où deux centres de maintenance assurent le MCO ou une configuration spatiale

concentrée dans laquelle un seul centre assure la production du MCO. Nous nous sommes intéressés à l'influence des paramètres de base du modèle (dotation budgétaire du centre, potentiel d'économie d'échelle, coût de transport et CSO) sur les choix de configuration spatiale. Le modèle sert de cadre de référence pour discuter de l'influence et du poids relatif des différents paramètres au regard de ce qui est observé dans l'histoire du MCO. On voit notamment que l'augmentation des coûts du MCO, causée par la technologie pousse à concentrer spatialement la production de MCO. Mais la distance engendre un coût implicite et sa prise en compte nuance alors le discours actuel d'un regroupement systématique de la maintenance des flottes.

L'étude de cas de la future configuration spatiale du MCO des sous-marins nucléaires français nous a permis d'illustrer concrètement le modèle et son intérêt. Outre le fait de souligner les limites de la concentration du MCO, ce cas permet de montrer la complexité de la réalité dans ces décisions de configuration spatiale du MCO. Nous avons notamment souligné que d'autres forces entrent en considération dans ces questions de configuration spatiale du MCO. En particulier, notre illustration s'est intéressée aux coûts territoriaux et aux forces politiques associées.

La section 3 permet d'ouvrir la réflexion en montrant que les paramètres influençant l'organisation spatiale du MCO sont plus complexes que ceux présentés dans les deux sections précédentes. Afin de réintroduire cette complexité, notre réflexion a porté sur les différents facteurs susceptibles d'influencer la localisation des activités de MCO. Notre cadre d'analyse distingue les facteurs de *première nature* (facteurs géographiques intrinsèques et facteurs géographico stratégiques) des facteurs de *seconde nature*. La recherche d'économies ayant davantage d'importance dans la localisation des activités de MCO, nous avons alors choisi d'orienter notre propos sur les économies de localisation et d'urbanisation, concepts que nous pensons être au cœur d'une agglomération du MCO. Ces formes d'économies sont susceptibles de jouer un rôle accru et leur prise en compte représente une sérieuse piste d'amélioration dans la modélisation de l'organisation spatiale du MCO.

Au final, le principal problème de la spatialisation du MCO consiste à exploiter au maximum les économies d'agglomération – économies d'échelle, économies de localisation et économies d'urbanisation – tout en maîtrisant les contraintes liées à la distance – coûts de transport et CSO –. Nos observations tendent à suggérer un « désempaquetage» du MCO pour

mieux comprendre son organisation spatiale. Une piste dans la résolution du dilemme concentration/CSO pourrait résider dans une concentration spatiale par « groupes de tâches ». Si les technologies de production évoluent vers une modularité accrue, il se peut que les technologies de maintenance fassent de même. Il pourrait alors être pertinent d'analyser le soutien comme une activité fragmentable en tâches dont les relations évolueraient avec la technologie. En particulier, nous songeons à l'impact de certaines technologies (TIC) qui permettent par exemple de réaliser certaines tâches – au demeurant stratégiques – à distance en relâchant fortement la contrainte spatiale (*e.g.* certaines opérations de maintenance des logiciels). Pour des développements futurs, ceci nous incite à mobiliser un cadre d'analyse d'une production « défagottée » (ou *unbundled* si l'on se réfère aux travaux de Baldwin (2006) ou de Baldwin et Venables (2011)).

Conclusion générale

Cette thèse a pour principale ambition de proposer un cadre méthodologique permettant de discuter du coût d'organisation d'une armée dans l'espace. Les grandes questions ont orienté notre recherche sont les suivantes :

Comment intégrer l'espace géographique en économie de la défense ?

En quoi les particularités de l'économie de la défense amènent-elles à questionner les modèles d'économie spatiale ?

Comment l'espace géographique structure-t-il l'organisation de la production de défense ? Et inversement, comment la production de défense structure-t-elle l'espace ?

Après avoir fait un état des lieux des travaux existants, nous avons cherché à développer des outils et des concepts pour mieux comprendre les dynamiques de spatialisation associées aux activités de défense. Dans le but de proposer un champ d'application plus précis des concepts de l'économie spatiale, nous nous sommes plus particulièrement focalisé sur l'organisation spatiale du Maintien en Condition Opérationnelle (MCO) des matériels de défense. La problématique du MCO est en effet un enjeu d'actualité eu égard à la croissance des coûts de maintenance des matériels – cas des matériels anciens mais aussi des matériels nouveaux qui mobilisent des technologies coûteuses – dans un contexte budgétaire fortement contraint.

Nous nous inscrivons dans une logique d'optimisation de l'effort de défense. Notre recherche montre que la compréhension de l'organisation de la production de défense ne peut se faire en faisant abstraction de l'espace. Au contraire, nous défendons l'idée que l'espace est une dimension nécessaire de l'efficacité de l'organisation de la défense. Cependant si l'espace est une dimension structurante de l'efficacité de l'organisation de la défense – *via* les économies d'échelle rendues possible par la concentration de moyens industriels de soutien par exemple – il limite aussi cette efficacité. Le remède de la concentration spatiale en réponse aux maux des coûts doit être examiné avec attention. En effet, l'espace peut aussi être associé à des contraintes spatiales économiques (*e.g.* coût de transport, CSO) et non économiques (*e.g.* effets de lobbying régionaux, jeux politiques). L'optimisation de l'effort de défense repose donc sur une dimension spatiale inhérente au concept même de défense et de territoire à défendre. En conséquence, la réflexion sur l'optimalité de l'organisation de la production de défense – et *a fortiori* du MCO, domaine coûteux – doit être spatialisée.

Dans le **premier chapitre** de cette thèse, nous avons proposé un état des lieux des approches susceptibles de mobiliser l'espace dans la littérature en économie de la défense : les travaux d'économie régionale. Ce travail de synthèse réactualise un *survey* datant de 1995[258]. Compte tenu de nos préoccupations de recherche et de l'importance de la littérature en économie régionale portant sur les questions de défense, cette synthèse est utile afin de légitimer scientifiquement l'approche méthodologique retenue dans cette thèse.

Nous avons montré que la littérature spécialisée en économie de la défense aborde très souvent les questions géographiques à partir de deux types d'approches méthodologiques : en premier lieu des approches plutôt formalisées « évaluatives », en deuxième lieu des approches monographiques, très détaillées et réalisées à des échelles variables.

Les modèles d'évaluation quantitative rencontrent des limites théoriques et méthodologiques. Sur le plan conceptuel, l'espace y est réduit à un périmètre où l'on analyse les retombées économiques des activités de défense en termes de revenu et/ou d'emploi.

Les approches monographiques, forment un ensemble plus hétérogène et empruntent tantôt à l'économie régionale, tantôt à la géographie, à l'aménagement du territoire ou à l'histoire. Si ces travaux apportent des éléments « spatialisants » intéressants, ils sont d'une part, idiographiques – donc contextualisés au lieu –, et d'autre part, relativement anciens – donc contextualisés à la période étudiée –.

Notre revue de la littérature montre que la « spatialisation » des activités de défense, à savoir la prise en compte de l'espace comme élément influençant l'organisation de la production de défense, n'est pas quelque chose de spontanément inscrit en économie de la défense. En dehors de quelques études monographiques ponctuelles et très contextualisées, peu d'analyses s'intéressent aux dynamiques spatiales sous-jacentes aux sites où sont implantées des activités de défense. Par « dynamique spatiale » on entend ici une prise en compte explicite de l'espace dans les relations entre agents économiques. Ce constat marque une des « frontières de la littérature » sur notre sujet. Un parallèle avec des auteurs comme Ponsard (1955) ou Thisse (1997) qui traitent d'un « espace oublié » dans la pensée économique peut orienter la suite de notre réflexion. L'ouverture vers des concepts permettant de spatialiser l'économie de la défense offre alors des perspectives de recherche intéressantes. Le champ de l'économie spatiale nous semble être un domaine pertinent pour mieux comprendre cette relation à double sens entre espace et activités de défense.

[258] *cf.* le survey de Braddon (1995) dans le *Handbooks of Defense Economics* faisant un état des lieux de l'impact des dépenses militaires sur les économies régionales.

Afin d'améliorer ce passage en revue de la littérature, des travaux complémentaires peuvent être conduits, en direction :

- tout d'abord, de la recherche opérationnelle. Les travaux de recherche opérationnelle s'ils ne sont pas rattachés à l'économie *stricto sensu*, n'en demeurent pas moins intéressants à étudier du fait de la prise en compte fréquente de l'espace (*cf.* par exemple, Dell (1998), Ottoman *et al*. (1999a, 1999b)) ;

- ensuite, de la littérature sur les questions d'urbanisme et d'aménagement du territoire. En effet, compte tenu du peu de littérature sur le domaine dans le cas français – en particulier pour les années 2000 – et des nombreuses rétrocessions de terrains du ministère de la défense sur cette période, il est fort probable que les travaux s'intéressant à ces questions soient amenés à se développer au cours des années à venir. Nous pensons notamment à des bilans sur les opérations de reconversion de sites anciennement militaires. Ce contexte pourra servir de « terreau » à de nouvelles analyses sur ces questions d'aménagement du territoire liées aux anciens sites de défense.

Le **deuxième chapitre** de la thèse s'intéresse aux transformations contemporaines de la défense et aux conséquences de ces transformations sur l'organisation spatiale de la défense. Un effort particulier a été accordé à la quantification des transformations de la défense. Ce chapitre renforce la légitimité contextuelle d'un questionnement sur l'efficacité de l'organisation spatiale de la défense, mais il montre également l'hétérogénéité des enjeux sous-jacents aux transformations de la défense. Il permet de mieux appréhender le contexte général dans lequel s'insère notre analyse du MCO des matériels de défense.

L'examen des différents Livres blancs a permis de montrer l'évolution du contexte géostratégique ainsi que celle de la politique de défense de la France. Des orientations des Livres blancs découlent notamment les modèles d'armées, leurs missions et moyens, ce qui a des conséquences sur le MCO des matériels. Sur la période allant de 1990 à nos jours, le modèle d'armée hérité des années de guerre froide s'est reconfiguré à travers de nombreuses réformes, en tenant compte de nouveaux paramètres géopolitiques, technologiques et économiques. Nous avons ensuite détaillé ces reconfigurations.

D'abord, sur le plan quantitatif, les données que nous avons collectées montrent que les effectifs diminuent fortement dans toutes les armées. Sur le plan qualitatif, nous assistons à la professionnalisation des armées et à l'augmentation de la qualification de la main d'œuvre dans les forces armées.

Ensuite, du côté des matériels, nous montrons que les parcs et flottes des différents matériels (navires, avions, hélicoptères et blindés) se réduisent. Sur le plan qualitatif, les matériels modernes sont de plus en plus complexes et de plus en plus coûteux. Ce phénomène s'illustre notamment au niveau de certains matériels récents (*e.g.* l'avion Rafale, le char Leclerc ou l'hélicoptère Tigre).

Les transformations de la défense exposées dans ce chapitre ont des conséquences sur l'organisation spatiale de la défense. Nous avons mis en évidence que depuis maintenant presque vingt ans, la défense se reconfigure sur le plan spatial dans un triple mouvement de dissolution (1), transfert (2) et mutualisation (3). Nous assistons alors à une concentration d'effectifs et d'activités militaires dans certains territoires, tandis que d'autres au contraire se vident. Cette rationalisation ne se fait pas sans heurt et d'un point de vue plus global, différents aspects territoriaux méritent d'être examinés. Pour cela, nous avons introduit le concept de coût social de régression, initialement développé par Allais et Lesourne dans les années 1950 à propos de la fermeture des mines de charbon dans les bassins houillers en France. Ce concept permet de développer une approche plus globale des restructurations territoriales de défense, ce qui souligne l'hétérogénéité des enjeux liés aux transformations de la défense.

En présentant les conséquences des transformations de la défense sur son organisation spatiale, ce chapitre a appuyé notre orientation de recherche. Nous y montrons en effet que l'organisation spatiale héritée du passé se reconfigure en réponse à des transformations plurielles et complexes (doctrinales, budgétaires, technologiques, humaines et sociales). Ceci renforce la légitimité d'un questionnement sur l'efficience de l'organisation spatiale des armées.

Ce chapitre montre également que l'intégration du facteur spatial dans l'analyse de la production de défense peut se faire dans une perspective appliquée. Nous avons alors initié des démarches allant dans ce sens et démarré la constitution de bases de données statistiques originales que nous souhaitons exploiter dans nos futurs travaux. Bien que prometteurs, ces développements sont limités par l'accès à des données statistiques qui aujourd'hui n'existent pas ou que nous n'avons pas pu localiser. Ceci explique aussi pourquoi de telles approches appliquées restent peu répandues dans la littérature.

Finalement, ce chapitre constitue une base de travail pour de futurs travaux mobilisant diverses techniques :

D'abord en ce qui concerne les indicateurs géographiques (les indices de concentration et de spécialisation), l'analyse peut être approfondie, notamment en travaillant à l'échelle départementale. Toujours en travaillant à l'échelle départementale, la notion de coût social de régression peut être intéressante à approfondir, notamment lorsque des données stabilisées portant sur les restructurations territoriales de la défense auront été rendues publiques (par exemple pour la période 2008-2015)[259].

Ensuite, on peut envisager une combinaison de notre analyse avec des données spatialisées mobilisées par des techniques SIG (Systèmes d'Information Géographique). L'intérêt de mobiliser de telles techniques réside ici dans l'aspect multidimensionnel des questions de défense. L'approche SIG, en raisonnant par « couches d'information » est susceptible d'ouvrir des pistes de recherche intéressantes (et peu développées) sur les questions de défense.

Enfin, nous soulignons l'intérêt d'appliquer à ces questions de défense à l'échelle régionale des outils de l'économétrie spatiale. Ces techniques quantitatives, qui se sont beaucoup développées dans la littérature en économie régionale (*cf.* Anselin (1988), Lesage et Pace (2009) ou Baumont *et al.* (2002)), restent encore embryonnaires dans l'étude de questions liées à la défense[260]. En économie de la défense, ces approches empiriques peuvent constituer de futures pistes de recherche. Bien entendu, elles sont conditionnées par l'existence et/ou l'accès à des données statistiques fiables[261].

Le **troisième chapitre** a proposé une analyse économique du MCO dans le cadre de l'armée française. À notre connaissance, ce travail n'avait jamais été entrepris.

Les indicateurs de disponibilité des matériels et de coût du MCO ont constitué le point de départ de notre analyse. Nous avons d'abord créé une base de données afin d'analyser rigoureusement l'évolution de la disponibilité des matériels. Nous avons aussi entrepris une collecte de données relatives aux coûts de MCO, tâche difficile compte tenu : de la relative nouveauté du sujet (1) – la problématique du MCO est « apparue » avec les premiers rapports de l'Assemblée Nationale et du Sénat sur le sujet au début des années 2000 –, de la sensibilité

[259] Cette réflexion se situe dans le prolongement empirique du premier article consacré à la notion de coût social de régression appliqué à la défense (article soumis à la *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, à paraître au premier trimestre 2014).

[260] voir cependant le très intéressant article de Shin et Ward (1999) pour une approche « macro », entre pays.

[261] Directement dans le prolongement du chapitre II, nous avons débuté un travail empirique portant sur l'exploitation de données des dépenses militaires à l'échelle départementale (Droff J. et Malizard J., "A disaggregated model of demand for defense expenditure: a French perspective", *Working Paper*).

politique de ce sujet (2) – le sujet concerne en effet un poste budgétaire en augmentation dans un contexte budgétaire difficile – et surtout de problèmes de comptabilité analytique inhérents au fonctionnement des services spécialisés des armées (3) – notamment dans l'armée de terre et dans la marine nationale, qui restent deux écueils importants dans notre travail de collecte d'information –.

Notre analyse met bien en évidence une crise de la disponibilité des matériels militaires survenue à la fin des années 1990 – début 2000. Ce fait est cohérent avec les rapports officiels consultés. Résultat d'un processus remontant au début des années 1990, la baisse du taux de disponibilité des matériels s'est accentuée au cours des années d'exécution de la loi de programmation militaire 1997-2002. Cet épisode, largement causé par le manque de ressources budgétaires a été un élément déclencheur dans la prise de conscience de l'enjeu du MCO dans la défense. La restauration du niveau de disponibilité des matériels a alors constitué un enjeu prioritaire de la loi de programmation militaire 2003-2008.

Globalement, si la disponibilité de plusieurs matériels remonte progressivement dans la période 2003-2010, la situation à la fin des années 2000 est fragile et assez hétérogène selon les matériels. Concernant les facteurs explicatifs, les causes sont complexes. Tout d'abord les sollicitations et les engagements des matériels en opérations jouent un rôle important dans l'évolution de la disponibilité. Ensuite, l'âge des matériels impacte fortement la disponibilité. Aussi, nous observons que la disponibilité évolue généralement à la baisse pour les matériels les plus anciens, *a fortiori* lorsque ces derniers sont très sollicités. Mais les données montrent également une disponibilité assez faible – ou du moins en dessous des objectifs affichés – pour certains matériels modernes.

Ce dernier point est cohérent avec les nombreux rapports officiels consultés qui dénoncent une armée tout juste en mesure de répondre aux exigences d'une situation « courante » entre les besoins nationaux immédiats (formation et défense intérieure) et ceux réclamés par les Opex qui consomment beaucoup de potentiel. Ceci est également cohérent avec les évolutions des écarts entre les objectifs de nombre d'heures d'entraînement et les heures d'entraînement effectivement réalisées. Depuis la fin des années 2000, ces écarts tendent à s'accroître[262].

[262] Dans un souci de ne pas alourdir le corps de la thèse, nous n'avons pas inséré l'analyse de ces indicateurs dans le texte. L'exploitation statistique de ces indicateurs – en parallèle avec ceux de la disponibilité des matériels – peut faire l'objet de futurs travaux.

De façon générale, cette question importante de la disponibilité – paramètre clé dans la gestion des matériels militaires – est à l'articulation entre des ressources budgétaires (qui tendent à être limitées comme nous le montrons dans le chapitre II) et des coûts de maintenance, qui eux au contraire tendent à évoluer à la hausse.

C'est donc naturellement que nous avons cherché à prendre en considération l'évolution des coûts. En s'appuyant sur différents rapports officiels, mais aussi sur nos travaux de terrain, il apparaît que ces derniers ont augmenté sur la période 1990-2010 et surtout au cours de la décennie 2000. Si l'on examine le tout récent projet de loi de programmation militaire 2014-2019, les tendances pour la deuxième moitié de la décennie 2010 sont également à la hausse.

Nous analysons ensuite les causes de cette hausse des coûts. La hausse des coûts est due à plusieurs facteurs que nous décrivons dans une typologie : les facteurs cycle de vie (1), les facteurs générationnels (2) et les facteurs institutionnels et historiques (3).

Au final, nous soulignons que la maîtrise des coûts du MCO est un enjeu considérable en termes de politique publique, ce qui nécessite des réorganisations du MCO. Nous présentons alors quelques points de cette réorganisation en profondeur du MCO (création de structures spécialisées par milieu, développement de l'approche en termes de cycle de vie des matériels militaires avec intégration des potentiels problèmes de maintenance dès les phases amont d'un programme, etc.).

Nous n'avons aujourd'hui que très peu de recul sur ces réformes « en profondeur ». Néanmoins, il semblerait que ces « nouvelles pratiques » semblent porter leurs fruits en matière d'efficacité, *i.e.* d'amélioration de la disponibilité. En revanche, le bilan sur les coûts reste plus incertain et il convient de garder à l'esprit que l'absence d'évaluation des coûts *ex ante* rend impossible toute comparaison *ex post* du coût des prestations.

Des prolongements à ce chapitre sont envisageables :

D'abord, sur le plan empirique, l'étude des coûts du MCO mérite d'être approfondie avec des données plus précises et/ou plus fiables, notamment en ce qui concerne les matériels terrestres et navals. En ce sens, une relance concernant l'obtention de données auprès des instances en charge de la maintenance de ces matériels peut être profitable.

Ensuite, sur un plan plus théorique, la réflexion sur les coûts de MCO peut être développée plus en avant en ce qui concerne les évolutions futures de la maintenance en lien avec la technologie militaire (et notamment les ruptures technologiques). En ce sens, nous pensons au poids croissant des drones dans les méthodes modernes de combat ou encore à

l'importance grandissante des avions polyvalents et multimissions, plus complexes, plus performants, mais aussi beaucoup plus coûteux à l'entretien. Dans le prolongement de cette réflexion, des travaux de terrain plus approfondis – par exemple au sein des structures spécialisées dans le MCO des matériels – permettront certainement d'approfondir ces questions importantes dans la compréhension de l'évolution future des forces armées.

Enfin, dans le **quatrième chapitre**, nous avons cherché à conceptualiser le MCO des matériels de défense dans un cadre spatial. À notre connaissance, une démarche de ce genre n'a encore jamais été entreprise.

Nous avons d'abord posé la question de la configuration spatiale du MCO. À partir d'un modèle que nous avons voulu le plus simple possible, nous avons proposé une première approche des principaux paramètres structurant la configuration spatiale du MCO. Nous avons notamment cherché à expliquer la configuration spatiale du système de MCO à partir des coûts d'implantation d'une infrastructure de maintenance et des coûts liés à la distance. Dans ces derniers, nous distinguons les coûts de transport et le Coût Social Opérationnel (CSO), forme de coût d'opportunité spécifique aux armées. Nous examinons ensuite le modèle par rapport aux spécificités intrinsèques des matériels et notamment leur rapport à l'espace. Le modèle décrit plutôt bien les conséquences de l'évolution des technologies militaires en matière d'organisation spatiale. Il tend également à correspondre à ce que l'on observe dans la réalité de l'organisation des armées, notamment en ce qui concerne l'organisation spatiale hiérarchisée de la maintenance par niveaux d'intervention technique (NTI).

Sur la base des concepts développés ci-avant – notamment le concept de Coût Social Opérationnel – nous nous sommes ensuite intéressés à un « basculement » schématique du MCO d'un système dispersé vers un système concentré. Ici encore les concepts développés soulignent leur pertinence lorsqu'on examine le modèle à travers les grands traits historiques de l'organisation de la défense en France. Afin de concrétiser la réflexion sous-jacente au modèle, nous avons illustré cette vision simplifiée du « basculement » à partir du cas du MCO des sous-marins nucléaires français. Au-delà de l'effort de concrétisation entrepris, ceci nous a également permis de questionner les limites du modèle et d'ouvrir notre champ de réflexion. Tout particulièrement, les questions du « poids politique » et du « poids territorial » – notamment au travers des emplois directs, indirects et induits – des activités de défense ont été soulignées dans l'arbitrage relatif à la configuration spatiale du MCO. Les paramètres

intervenant dans le choix rationnel du décideur public ne se résument donc pas à un simple arbitrage entre économies d'échelle et sécurité collective. Ici encore, la réflexion permet de mettre en évidence que la rationalité du décideur public n'obéit pas qu'à des logiques d'optimisation « en interne » de l'outil de défense. Finalement, notre cas d'étude souligne que la réalité est toujours plus complexe qu'un modèle. L'aspect multidimensionnel de ces questions de configuration spatiale fait qu'il est assez difficile de se faire une religion pour déterminer la solution optimale.

Au final, ceci nous a permis de poser des bases pour une approche plus formalisée de ces questions de configuration spatiale des activités de MCO. Des prolongements et des améliorations des modèles développés dans le chapitre IV sont souhaitables. Nous pensons notamment continuer à enrichir notre approche à partir des modèles de l'économie urbaine – notamment les modèles des « systèmes de ville » – et des modèles traitant du fractionnement de la production dans l'espace à partir des « tâches » réalisées par les agents économiques (*e.g.* Baldwin (2006), Baldwin et Venables (2011)).

Enfin, nous avons posé la question de la localisation du MCO, dimension importante dans la spatialisation du MCO. Sur la base de la littérature en économie géographique, notre réflexion sur les facteurs de localisation du MCO a distingué les facteurs de *première nature* des facteurs de *seconde nature*. Les transformations contemporaines de la défense tendent à suggérer un certain détachement des activités de MCO des contraintes spatiales historiques, ces dernières étant complexes et liées à l'histoire de la France. La recherche d'économies ayant davantage d'importance dans la localisation des activités de MCO aujourd'hui, nous avons alors orienté la réflexion sur les économies de localisation et d'urbanisation, concepts que nous pensons être au cœur d'une agglomération du MCO.

Des éléments du paysage actuel du MCO confortent notre piste de recherche d'économies d'agglomération avec notamment le développement de *clusters* du MCO. Dans le prolongement de cette réflexion sur les facteurs de localisation du MCO, nous envisageons un travail empirique qualitatif sur ces *cluster*s dont le développement est particulièrement encouragé par les pouvoirs publics. Nous pensons à des travaux de terrain et des études de cas afin de tester et d'approfondir certaines idées développées dans le quatrième chapitre de cette thèse (notamment dans la section 3 du chapitre IV).

Notre travail de recherche suggère que l'analyse des spécificités liées à l'espace dans l'organisation de la production de défense n'est qu'à ses débuts, *a fortiori* dans le domaine du

MCO. En effet, reflet des coûts croissants du MCO, les crédits d'EPM devraient croître en moyenne de 4,3 % par an en valeur pour s'établir à un niveau moyen de 3,4 milliards d'euros courants par an sur la période 2014-2019 (contre 2,9 milliards d'euros courants en loi de finances initiale 2013) (Projet de loi de programmation militaire 2014-2019, dossier thématique, Ministère de la défense (2013, p.55)). Dans le domaine du MCO, si de nombreuses réformes ont été mises en place, de nouveaux efforts de réorganisation et d'optimisation restent probablement à fournir. En effet, conformément aux orientations définies par le Livre blanc de 2013 – et la future LPM 2014-2019 – la nouvelle organisation continue plus avant dans la voie de la concentration.

Ainsi, « *le modèle d'armée va, en cohérence avec le nouveau contrat opérationnel, conduire à une réduction du parc des équipements qui permettra de concentrer davantage nos efforts d'entretien. Les réformes qui seront engagées dans le domaine du soutien contribueront également à accroître la productivité de notre dispositif de maintenance* » (Projet de loi de programmation militaire 2014-2019, dossier thématique, Ministère de la défense (2013, p.55)). Dans ce contexte, les concepts d'économie d'échelle et de distance demeurent des outils fondamentaux et puissants pour comprendre la structuration spatiale de la production de défense. La question de l'optimisation – et en particulier de l'optimisation spatiale – du MCO reste plus que jamais d'actualité.

Cependant, une question qui demeure en suspens et que nous n'avons pas abordée reste celle de l'échelle de la future organisation de la défense. En effet, compte tenu du coût croissant des systèmes de défense – acquisition et MCO – et dans un contexte budgétaire dégradé, l'avenir est probablement dans une mutualisation progressive des moyens de défense entre les pays de l'Union Européenne. Le cadre d'analyse de cette mutualisation nous apparaît comme spatial par essence. En mobilisant les concepts présentés dans cette thèse et en sortant du cadre essentiellement national qui jusqu'ici a été le nôtre dans cette recherche, il est alors possible de changer d'échelle et de réfléchir à l'organisation spatiale du MCO des matériels de défense à l'échelle européenne dans une perspective de *pooling and sharing* (mutualisation des flottes et des infrastructures)[263]. Dans le cadre de l'intégration européenne de la défense, les concepts que nous avons développés dans cette thèse – par exemple les économies d'échelle, le CSO, les coûts de transport et de façon générale les multiples coûts liés à la

[263] Cette réflexion a fait l'objet d'une présentation à une conférence internationale. *cf.* Droff J.et Bellais R. "The spatial organization of defense MRO: Challenges and opportunities in Europe", 17th Annual International Conference on Economics and Security, SIPRI Stockholm (14-15th june 2013). Cette communication sera valorisée dans un article qui sera prochainement soumis au *Journal of Common Market Studies*.

distance – peuvent être appliqués. Les récents axes prioritaires de réflexion définis par l'Agence Européenne de Défense (AED) à propos d'un soutien mutualisé entre certains pays européens, comme les pistes de réflexion sur la coopération dans la défense qui ont été évoquées dans la préparation du conseil européen de défense de 2013[264], rendent d'autant plus pertinent l'application de ces différents concepts à l'échelle européenne.

« *L'espace n'est pas moins digne de notre attention que le temps ; étudions le bien, et nous aurons la connaissance du haut et du bas, du loin comme du près, du large et de l'étroit, de ce qui demeure et de ce qui ne fait que passer* ».

Sun Tzu, *L'art de la guerre*, Article 1[265]

[264] Voir par exemple : Linnenkamp H. and Mölling C. (2013), A doable agenda for the European defence Council 2013, *SWP Comments* (28), August 2013, p. 4

[265] Sun Tzu, *L'art de la guerre - Les Treize Articles*, traduit par le père Amiot, p. 4, URL : http://www.ebooksgratuits.com/pdf/sun_tzu_art_de_la_guerre_.pdf, dernier accès le 10/09/13

Index des figures

FIGURE 1 DEPENSES MILITAIRES POUR LES GRANDES « ZONES DU MONDE » (EN MILLIARDS DE DOLLARS US) 16
FIGURE 2 VARIATION DU PRODUIT REGIONAL ET DE L'EMPLOI DANS LE MODELE DE LEONTIEF *ET AL.* (1965) 41
FIGURE 3 INVARIANTS THEMATIQUES DES MONOGRAPHIES SUR LES ACTIVITES DE DEFENSE 72
FIGURE 4 DEPENSES MILITAIRES AUX ÉTATS-UNIS EN 1992, PAR ÉTAT (% DES DEPENSES PUBLIQUES) 76
FIGURE 5 CONFIGURATION GEOGRAPHIQUE DES ARMEES EN FRANCE SELON REGRAIN (1988) 78
FIGURE 6 EMPLOI INDUSTRIEL DE DEFENSE (% DE L'EMPLOI INDUSTRIEL REGIONAL EN 1985) 87
FIGURE 7 MISE EN RELATION DES CARACTERISTIQUES D'UNE BASE MILITAIRE ET D'UN TERRITOIRE 102
FIGURE 8 PART DES DEPENSES MILITAIRES DANS LE PIB EN FRANCE (1980-2012) 132
FIGURE 9 DEPENSES D'EQUIPEMENT ET HORS-EQUIPEMENT (1980-2013) (EN MILLIONS D'EUROS COURANTS) 133
FIGURE 10 DEPENSES D'EQUIPEMENT ET HORS-EQUIPEMENT (1980-2013) (EN % DU BUDGET) 135
FIGURE 11 EFFECTIFS PAR ARMEE ENTRE 1990-2010 (MILITAIRES ET CIVILS, GENDARMERIE EXCLUE) 137
FIGURE 12 EFFECTIFS DES ARMEES, EN MILLIERS D'HOMMES MILITAIRES ET CIVILS (GENDARMERIE EXCLUE) (1990-2015) 138
FIGURE 13 MILITAIRES D'ACTIVE ENTRE 1986 ET 2008, EN NOMBRE D'HOMMES (GENDARMERIE INCLUSE) 139
FIGURE 14 INDICE CAPITALISTIQUE MILITAIRE (ICM), 1986-2008 (MILLIERS D'EUROS COURANTS) 148
FIGURE 15 DEPENSES DE R&D PAR MILITAIRE (1999-2008, EN MILLIERS D'EUROS COURANTS) 149
FIGURE 16 LES ZONES DE DEFENSE EN FRANCE 153
FIGURE 17 L'ORGANISATION ADMINISTRATIVE ET TERRITORIALE DE LA MARINE 154
FIGURE 18 L'ORGANISATION ADMINISTRATIVE ET TERRITORIALE DE L'ARMEE DE TERRE 154
FIGURE 19 ORGANISATION ADMINISTRATIVE ET TERRITORIALE DE L'ARMEE DE L'AIR (AVANT 2008) 155
FIGURE 20 EFFECTIFS DU MINISTERE DE LA DEFENSE EN 2005 (CIVILS ET MILITAIRES) 156
FIGURE 21 EFFECTIFS DU MINISTERE DE LA DEFENSE EN 2010 (CIVILS ET MILITAIRES) 157
FIGURE 22 PART DES EMPRISES FONCIERES DU MINISTERE DE LA DEFENSE DANS LES DEPARTEMENTS METROPOLITAINS EN 1985 159
FIGURE 23 PART DES EMPRISES FONCIERES DU MINISTERE DE LA DEFENSE DANS LES DEPARTEMENTS METROPOLITAINS EN 2010 160
FIGURE 24 VARIATION EN POINTS DE POURCENTAGE DE LA PART DES EFFECTIFS MILITAIRES REGIONAUX DANS L'ENSEMBLE DES EFFECTIFS MILITAIRES SUR LA PERIODE 1990-2008 164
FIGURE 25 VARIATION EN POINTS DE POURCENTAGE DE LA PART DES EMPLOIS DANS L'INDUSTRIE DE DEFENSE PAR REGION DANS L'ENSEMBLE DES EMPLOIS DE L'INDUSTRIE DE DEFENSE (1992-2009) 167
FIGURE 26 TAUX DE VARIATION DE L'INDICE D'HOOVER-BALASSA DANS L'INDUSTRIE DE DEFENSE 171
FIGURE 27 TAUX DE VARIATION DE L'INDICE D'HOOVER BALASSA POUR LES EFFECTIFS MILITAIRES 174
FIGURE 28 LA REORGANISATION DE LA MAINTENANCE DES MATERIELS TERRESTRES 182
FIGURE 29 CONFIGURATION GEOGRAPHIQUE DE LA DGA A L'HORIZON 2015 183
FIGURE 30 SITES AYANT UN EFFECTIF SUPERIEUR OU EGAL A 250 HOMMES, FERMES OU TRANSFERES 184
FIGURE 31 CRSD (EN METROPOLE) ET DEPARTEMENTS CONCERNES PAR LES PLR 192
FIGURE 32 DISPONIBILITE DE LA FLOTTE NAVALE (1997-2013) 206
FIGURE 33 DISPONIBILITE MOYENNE DES FREGATES (SAUF FREGATES DE SURVEILLANCE) (1997-2012) 207
FIGURE 34 DISPONIBILITE DES TCD/BPC, CHASSEURS DE MINES, PETROLIERS ET AVISO (1997-2012) 208
FIGURE 35 - DISPONIBILITE MOYENNE DES SNA (1997-2012) 210
FIGURE 36 DISPONIBILITE MOYENNE DES AVIONS EMBARQUES DE LA MARINE (1997-2010) 211
FIGURE 37 DISPONIBILITE DES ATLANTIQUE 2 (ATL 2) (1997-2012) 212
FIGURE 38 DISPONIBILITE DES HELICOPTERES DE LA MARINE (SAUF DAUPHIN – 1997-2010) 213
FIGURE 39 DISPONIBILITE DES MATERIELS AERONAUTIQUES DE L'ARMEE DE L'AIR (1997-2012) 214
FIGURE 40 DISPONIBILITE MOYENNE DES MIRAGE 2000 ET MIRAGE F1 (1997-2011) 216
FIGURE 41 DISPONIBILITE MOYENNE DES C-160 "TRANSALL" (1997-2010) 217

FIGURE 42 DISPONIBILITE MOYENNE DES C-130 "HERCULE" (1997-2011) 218
FIGURE 43 DISPONIBILITE MOYENNE DES KC-135 (1997-2011) 219
FIGURE 44 DISPONIBILITE MOYENNE DES CN-235 CASA (1997-2011) 219
FIGURE 45 DISPONIBILITE DES PRINCIPAUX MATERIELS TERRESTRES DE L'ARMEE DE TERRE (1997-2013) 222
FIGURE 46 DISPONIBILITE MOYENNE DES VAB (1997-2012) 224
FIGURE 47 DISPONIBILITE MOYENNE DES ERC-90 (1997-2011) 225
FIGURE 48 DISPONIBILITE TECHNIQUE DES AMX-30 (1997-2010) 226
FIGURE 49 DISPONIBILITE MOYENNE DES AMX-10RC (1997-2012) 226
FIGURE 50 DISPONIBILITE DES CHARS LECLERC (2001-2012) 227
FIGURE 51 DISPONIBILITE TECHNIQUE DU PARC AERONAUTIQUE DE L'ARMEE DE TERRE (1997-2010) 229
FIGURE 52 DISPONIBILITE MOYENNE DES HELICOPTERES GAZELLE (1997-2010) 231
FIGURE 53 DISPONIBILITE MOYENNE DES HELICOPTERES PUMA (1997-2010) 231
FIGURE 54 DISPONIBILITE MOYENNE DES HELICOPTERES COUGAR (1997-2010) 232
FIGURE 55 COUTS D'ACQUISITION ET COUTS D'UTILISATION DES MATERIELS DE DEFENSE AUX ÉTATS-UNIS 240
FIGURE 56 EVOLUTION DES CREDITS D'EPM AE-LFI, EN MILLIONS D'EUROS COURANTS (1977-2010) 243
FIGURE 57 COUT DE LA « FONCTION MCO » POUR LA NATION, EN MILLIONS D'EUROS COURANT 245
FIGURE 58 COUT A L'HEURE DE VOL DES HELICOPTERES « VIEILLISSANTS » DE L'ALAT (EN EUROS) 249
FIGURE 59 COUT A L'HEURE DE VOL DES AERONEFS « VIEILLISSANTS » DE L'AERONAVALE (EN EUROS) 249
FIGURE 60 COUT A L'HEURE DE VOL DES AERONEFS « VIEILLISSANTS » DE L'ARMEE DE L'AIR (EN EUROS) 250
FIGURE 61 ÂGE DES APPAREILS ET CHARGE DE TRAVAIL (MAINTENANCE LOURDE) 251
FIGURE 62 SURCOUT DES OPEX (DEPENSES REALISEES RAPPORTEES AUX BUDGETS LFI) (1998-2011) 255
FIGURE 63 COUT A L'HEURE DE VOL DES DIFFERENTES GENERATIONS D'AVIONS DE COMBAT (EN EUROS) 259
FIGURE 64 COUT A L'HEURE DE VOL DES HELICOPTERES DE L'ALAT (EN EUROS) 260
FIGURE 65 EVOLUTION DES SYSTEMES D'ARME ET LOGICIELS DE SYSTEMES D'ARME CHEZ DASSAULT (MESUREE EN K-MOT OU K-OCTETS) 264
FIGURE 66 COUTS DES SOFTWARE ET HARDWARE EN POURCENTAGE DU COUT TOTAL DU SYSTEME (AVIONIQUE DES AVIONS DE CHASSE AMERICAINS) 265
FIGURE 67 PART DES MATERIAUX COMPOSITES DANS LES EQUIPEMENTS AERONAUTIQUES CIVILS ET MILITAIRES (% DE LA MASSE DE LA STRUCTURE) 267
FIGURE 68 LES MATERIAUX COMPOSITES DANS LES AVIONS DE COMBAT AMERICAINS 268
FIGURE 69 LES PLASTIQUES RENFORCES PAR FIBRES DANS LA CONSTRUCTION SOUS-MARINE 269
FIGURE 70 COUT DE SOUTIEN D'UN MATERIEL EN FONCTION DU TEMPS 280
FIGURE 71 COUT DE SOUTIEN DE DEUX GENERATIONS DE MATERIELS EN FONCTION DU TEMPS 282
FIGURE 72 CREDITS D'EPM (CP-LFI), PAR « MILIEU », EN MILLIONS D'EUROS COURANTS (2003-2013) 286
FIGURE 73 RATIO EPM/DEPENSES D'EQUIPEMENT, AE-LFI, MILLIONS D'EUROS COURANTS (1980-2009) 288
FIGURE 74 IEM (EN MILLIERS D'EUROS COURANT *PER CAPITA* MILITAIRE) 289
FIGURE 75 COUT GLOBAL ET CYCLE DE VIE D'UN EQUIPEMENT 291
FIGURE 76 POURCENTAGE DES COUTS A DIFFERENTS MOMENTS DU PROCESSUS D'ACQUISITION D'UN MATERIEL DE DEFENSE 293
FIGURE 77 LE « CENTRE DE MAINTENANCE » ET SON ESPACE DE DESSERTE 313
FIGURE 78 CONFIGURATION SPATIALE DU MCO ET « REGIONS » RATTACHEES AUX CENTRES 314
FIGURE 79 CENTRE DE MAINTENANCE ET COUT SOCIAL OPERATIONNEL (CSO) 319
FIGURE 80 CONFIGURATION SPATIALE DES CENTRES DE MAINTENANCE AVEC CSO 320
FIGURE 81 CONFIGURATION SPATIALE DU MCO AVEC TROIS NIVEAUX TECHNIQUES D'INTERVENTION 332
FIGURE 82 LE MCO EN CONFIGURATION SPATIALE CONCENTREE OU DISPERSEE 339
FIGURE 83 REPARTITION DE LA FLOTTE NAVALE FRANÇAISE ENTRE LES BASES NAVALES DE BREST ET DE TOULON 353
FIGURE 84 LOCALISATION DES BSMAT ET DES RSMAT DANS LE MCO TERRESTRE 365

FIGURE 85 IMPLANTATION DES BASES AERIENNES AVEC UNITES NAVIGANTES, EN METROPOLE, EN 2013 366
FIGURE 86 LOCALISATION DES ATELIERS INDUSTRIELS AERONAUTIQUES 367
FIGURE 87 PART DES DEPENSES D'EXTERNALISATION DANS LE BUDGET DE LA DEFENSE (2001-2009) 371
FIGURE 88 VARIATION DE LA DOTATION BUDGETAIRE ET DISTANCE D'ARBITRAGE 445
FIGURE 89 VARIATION DU COUT DE TRANSPORT ET DISTANCE D'ARBITRAGE 445

Index des tableaux

TABLEAU 1 IMPACT ECONOMIQUE DES TROIS SITES DE BAE SYSTEMS (UK) EN 2009 44
TABLEAU 2 RATIOS MULTIPLICATEURS D'EMPLOI DE LA DCN TOULON EN 1998 57
TABLEAU 3 PART REGIONALE DE LA MAIN D'ŒUVRE INDUSTRIELLE DE DEFENSE (FIN DES ANNEES 1990) 79
TABLEAU 4 REPARTITION DES SUPPRESSIONS DE POSTES PAR « GRANDES FONCTIONS » EN 2009 140
TABLEAU 5 REDUCTION DES EFFECTIFS POUR CHACUNE DES ARMEES (EN ETP) 141
TABLEAU 6 L'EVOLUTION DU FORMAT DES ARMEES : LES MATERIELS MAJEURS (1989-2020*) 144
TABLEAU 7 EFFECTIFS MILITAIRES ET EFFECTIFS SALARIES DE L'INDUSTRIE DE DEFENSE PAR REGION 163
TABLEAU 8 INDICE D'HOOVER-BALASSA DANS L'INDUSTRIE DE DEFENSE (1992-2009) 170
TABLEAU 9 INDICE D'HOOVER-BALASSA POUR LES EFFECTIFS MILITAIRES (1990-2008) 173
TABLEAU 10 INDICE D'HERFINDAHL DES EFFECTIFS MILITAIRES (HEM) (1990-2008) ET DES EFFECTIFS DE L'INDUSTRIE DE DEFENSE (HID) (1992-2009) 177
TABLEAU 11 INDICE DE THEIL POUR LES EFFECTIFS MILITAIRES (*T_MIL*) (1990-2009) ET POUR LES EFFECTIFS DE L'INDUSTRIE DE DEFENSE (*T_IND*) (1992-2009) 178
TABLEAU 12 COUTS D'ACQUISITION ET COUTS D'UTILISATION DES MATERIELS DE DEFENSE AU ROYAUME-UNI 239
TABLEAU 13 ÂGE MOYEN DES PRINCIPAUX MATERIELS EN 2012 248
TABLEAU 14 LES LOGICIELS GERENT DE PLUS EN PLUS DE FONCTIONS (CHASSEURS AMERICAINS) 265
TABLEAU 15 RAPPORT A LA DISTANCE DES AVIONS DE CHASSE FRANÇAIS (DE 1914 A NOS JOURS) 326
TABLEAU 16 : LES TROIS NIVEAUX DU MCO ET LES PARAMETRES DU MODELE 331
TABLEAU 17 : VARIATION DES PARAMETRES DU MODELE ET EFFET SUR LA CONFIGURATION SPATIALE « TOUTES CHOSES EGALES PAR AILLEURS » 344
TABLEAU 18 : TABLEAU SYNOPTIQUE DES FACTEURS DE LOCALISATION DANS LE MCO 383

Bibliographie

Aben, J. (1981a). Défense et aménagement du territoire XV. *Cahiers du Séminaire Charles Gide*, *XV*, 115-144.

Aben, J. (1981b). Défense et activité locale, le cas de l'économie sétoise. *Revue de l'Economie Méridionale*, (116), 41-52.

Aben, J. (1992). *Economie politique de la défense*. Paris: Editions Cujas.

Aben, J., & Rouzier, J. (2001). *Défense et aménagement du territoire: Actes du colloque de Montpellier, 4 et 5 décembre 1997*. Université Paul Valéry, Montpellier III.

Ahlstrom, A., & Malletschek, A. (2011). Application of new materials in submarine components. *Naval Forces - Special Issue Subcon 2011*, 143-145.

Ajchenbaum, Y. M., & Caroit, J. M. (2003). *Les États-Unis, gendarmes du monde : pour le meilleur et pour le pire.* Paris: Librio.

Alexander, D. (2012). Military vehicles ancillaries. *Military Technology*, *7*, 55-60.

Allais, M. (1951). *La gestion des houillères nationalisées et la théorie économique*. Paris: Imprimerie Nationale.

Andersson, L., Lundberg, J., & Sojstrom, M. (2007). Regional effects of military base closures: the case of Sweden. *Defence and Peace Economics*, *18*(1), 87–97.

Anselin, L. (1988). *Spatial econometrics: methods and models*. Dordrecht, Boston: Kluwer Academic Publishers.

Archibald, G. C. (1967). Regional Multiplier Effects in the U.K. *Oxford Economic Papers*, *19*(1), 22-45.

Arrow, K. J. (1962). The Economic Implications of Learning by Doing. *The Review of Economic Studies*, *29*(3), 155-173.

Artioli, F. (2013). Logiques d'État en métropole parisienne. La réorganisation du ministère de la Défense. *Métropolitiques*. Consulté à l'adresse http://www.metropolitiques.eu/Logiques-d-Etat-en-metropole.html

Artis, M. ., & Nobay, A. . (1977). *Studies in modern economic analysis : the proceedings of the Association of University Teachers of Economics, Edinburgh, 1976*. Oxford: Blackwell.

Asteris, M., Grainger, J., Clark, D., & Jaffry, S. (2007). Analysing defense dependency: the impact of the royal navy on a sub-regional economy. *Defence and Peace Economics*, *18*(1), 53-73.

Atkinson, R. D. (1993). Defense spending cuts and regional economic impact : an overview. *Economic Geography*, *69*(2), 107-122.

ATSB. (2007). *Fibre composite aircraft – capability and safety* (No. AR-2007-021). Transport Safety Investigation Report - Aviation Research and Analysis Report.

AUDAT. (2010). *Impact économique des activités liées à la défense dans le territoire du Scot provence Méditerrannée*. AUDAT (Agence d'Urbanisme de l'Aire Toulonnaise).

Audretsch, D. B., & Feldman, M. P. (1996). R&D Spillovers and the Geography of Innovation and Production. *The American Economic Review*, *86*(3), 630-640.

Auray, J. P. et al. (1994). *Encyclopédie d'économie spatiale : concepts, comportements, organisations*. Paris: Economica.

Aurousseau, M. (1921). The Distribution of Population: A Constructive Problem. *Geographical Review*, *11*(4), 563-592.

Badellon, J. P. (2009). Doit-on abandonner les chars ? *Revue Mines Ingénieurs*, (442).

Bagaen, S. . (2006). Redeveloping former military sites: Competitiveness, urban sustainability and public participation. *Cities*, *23*(5), 339-352.

Bailly, A., Ferras, R., & Pumain, D. (1992). *Encyclopédie de géographie*. Paris: Économica.

Bailly, A. S. (1971). La théorie de la base économique : son histoire, son utilisation. *Revue Géographique de l'Est*, (3-4), 299-317.

Balassa, B. (1965). Trade Liberalization and 'Revealed' Comparative Advantage. *The Manchester School of Economic and Social Studies*, *33*(2), 99-123.

Baldwin, R. (2006). *Globalisation: the great unbundling(s)*. Secretariat of the Economic Council: Working Paper - Project Globalisation Challenges for Europe and Finland.

Baldwin, R. (2011). Trade and industrialisation after globalisation's 2nd unbundling: How building and joining a supply chain are different and why it matters. *NBER Workin Papers*, (17716).

Baldwin, R., & Venables, A. (2011). Relocating the value chain: off-shoring and agglomeration in the global economy. *Oxford University - Working Paper*, (544).

Ball, N., & Leitenberg, M. (1983). *The structure of the defense industry*. Beckenham, England.

Barget, E., & Gouguet, J.-J. (2010). La mesure de l'impact économique des grands évènements sportifs. L'exemple de la Coupe du Monde de Rugby 2007. *Revue d'économie régionale et urbaine*, *2010*(3), 379-408.

Barilari, A. (2008). Quelques questions autour de la RGPP. *Revue Française de Finances Publiques*, *Juin 2008*(102).

Barillot, B. (2000). Les sous-marins nucléaires de nouvelle génération: en violation du traité de non prolifération. *Cahiers de l'Observatoire des Armes Nucléaires Françaises*, (3).

Barker, T., Dunne, P., & Smith, R. (1991). Measuring the peace dividend in the United Kingdom. *Journal of Peace Research*, *28*(4), 345-358.

Barnier, F. (1996). *La civilisation des armes. Les arsenaux et l'industrie militaire en France. Analyse sociologique* (Thèse de doctorat). Université de Paris VII.

Bass, J. N. (2012). « L'esprit Logan » parviendra-t-il à voir le jour ? *Revue Défense Nationale*, *Mai 2012*(750), 73-81.

Bateman, M., & Riley, R. C. (1987). The Geography of defence. Barnes & Noble Books.

Baumont, C. (1997). La dynamique régionale de la croissance économique. *Problèmes économiques*, (2510-2511), 61-63.

Baumont, C., Ertur, C., & Le Gallo, J. (2002). Convergence des régions européennes. Une approche par l'économétrie spatiale. *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, (2), 203-216.

Baumont, C., et al. (2000). *Économie géographique : les théories à l'épreuve des faits*. Paris: Économica.

Beauclair, N. (2008). Des composites pour alléger le Leap-X. *Air&Cosmos*, (2138), 38-39.

Beauclair, N. (2009a). Les composites en pointe chez Aircelle. *Air&Cosmos*, (2197), 18-19.

Beauclair, N. (2009b). Démantèlement : un marché qui décolle. *Air&Cosmos*, (2192), 20-21.

Beauclair, N. (2011). Nouveaux affrontements en vue dans les nouveaux matériaux. *Air&Cosmos*, (2270), 140-148.

Beaujeu-Garnier, J., & Chabot, G. (1963). *Traité de géographie urbaine*. Paris: Armand Colin.

Becattini, G. (1979). Dal settore industriale al distretto industriale. Alcune considerazioni sull'unità di indagine dell'economia industriale. *Rivista di Economia e Politica Industriale*, (1).

Beguin, H., & Thisse, J. F. (1979). An Axiomatic Approach to Geographical Space. *Geographical Analysis*, *11*(4), 325-341.

Bélanger, Y. (1990). Le développement économique régional canadien face à l'intégration continentale de l'industrie de la défense. *Cahiers de Géographie du Québec*, *34*(93), 315-331.

Bélanger, Y. (1993). La région de Montréal face au déclin des dépenses militaires. *Cahiers de Géographie du Québec*, *37*(102), 493-514.

Belanger, Y., & Fleurant, A. (2010). Les dépenses militaires; la fin des cycles? *Revue Interventions Economiques*, (42).

Belanger, Y., et al. (2011). *Québec, Canada, Amérique : Nouvelle dynamique au sein de l'économie de défense* (Rapport de recherche) (p. 49). Montréal: Observatoire sur

l'économie politique de défense, Groupe ressource sur l'industrie militaire et la sécurité.

Bellais, R. (2013). Technology and the defense industry: real threats, bad habits or new (market) opportunities? *Journal of Innovation Economics & Management,12(2), 58-79*.

Bellais, R. (2011). Restructuration et coopération, l'avenir des industries de défense française ? *Géoéconomie*, (57), 109-119.

Bellais, R. (2013). Le nouveau défi de l'industrie de défense. *Prospective terre*, (Mai 2013).

Bénard, J. (1986). *Économie publique*. Paris: Économica.

Benoit, E., & Boulding, K. E. (1963). *Disarmament and the economy,*. New York: Harper & Row.

Berliant, M., Reed, R., & Wang, P. (2006). Knowledge exchange, matching, and agglomeration. *Journal of Urban Economics*, *60*, 69-95.

Bernard, J. L. (2010). *Rapport N°2862, sur le projet de loi de finances pour 2011 (N° 2824), Tome IV – Défense, préparation et emploi des forces terrestres* (No. 2862). Assemblée Nationale.

Bernard, J. L. (2011). *Rapport N°3809, sur le projet de loi de finances pour 2012 (N° 3775), Tome IV – Défense, préparation et emploi des forces terrestres* (No. 3809). Assemblée Nationale.

Bihan, B. (2012). L'armée de terre à la recherche d'un nouveau souffle. *Défense et Sécurité Internationale*, *Avril 2012*(80), 76-83.

Bishop, P. (1992). *The impact of Devonport dockyard/naval base on the economy of Devon and Cornwall*. University of Plymouth: South West Economic Research Centre.

Bishop, P. (1994). The economic impact of RAF Chivenor. *Defense Analysis*, *10*(1), 55-66.

Bishop, P., Brandanderic, S., & McVittie, E. (2000). The Use of Input-Output Models in Local Impact Analysis. *Local Economy*, *15*(3), 238-250.

Bishop, P., & Gripaios, P. (1993). Defence in a Peripheral Region: The Case of Devon and Cornwall. *Local Economy*, *8*(1), 43-56.

Bishop, P., & Megiks, P. (1996). Defense spending and the UK service sector. *Defense Analysis*, *12*(3), 347-369.

Bishop, P., & Wiseman, N. (1999). The North-South Divide in the UK Defence Sector. *Regional Studies*, *33*(9), 829-841.

Blake, R. N. E. (1981). The changing distribution of military airfields in the East Midlands. *East Midland Geographer*, *7*, 286-302.

Blaug, M. (1999). *La pensée économique* (5^{e} éd.). Economica.

Blondel, D. (1967). Note sur le coût de régression. *Revue d'Economie Politique*, *77*(1), 59-95.

Boddy, M. (1988). Defence spending and the North-South divide. *Town and Country Planning*, *57*, 16-17.

Boddy, M., & Lovering, J. (1986). High technology industry in the Bristol sub-region : the aerospace/defence nexus. *Regional studies*, *20*(3), 217-232.

Boivin, J. P. (1973). *Organisation territoriale de la Défense nationale - Thèse de doctorat en Droit*. Paris II.

Bolton, R. (1985). Regional Econometric models. *Journal of Regional Science*, *25*(4), 495-520.

Bolton, R. E. (1966). *Defense purchases and regional growth*. Washington: Brookings Institution.

Bombeau, B. (2008a). Les aviateurs redéploient leurs escadrons. *Air&Cosmos*, (2137), 30-31.

Bombeau, B. (2008b). Urgence opérationnelle : redresser le MCO. *Air&Cosmos*, (2152), 52-54.

Bombeau, B. (2009a). Les Mirage entament leur déflation. *Air&Cosmos*, (2176), 152-153.

Bombeau, B. (2009b). La future carte militaire de la France. *Air&Cosmos*, (2136), 36-37.

Bombeau, B. (2009c). L'armée de l'air étudie l'achat de C-130J. *Air&Cosmos*, (2166), 32-33.

Bombeau, B. (2009d). Cougar français de retour à Kaboul. *Air&Cosmos*, (2190), 36.

Bombeau, B. (2010a). Le monde change, l'aérocombat évolue. *Air&Cosmos*, (2222), 14-17.

Bombeau, B. (2010b). L'aéronavale au taquet. *Air&Cosmos*, (2237), 32.

Bombeau, B., & Tanguy, J. M. (2010). Les C-130 Hercules battent de l'aile. *Air&Cosmos*, (2214), 30.

Boncoeur, J., De Penanros, R., & Le Boulch, J.-L. (1995). *L'économie de la rade. Evaluation du poids économique des activités liées à la rade de Brest*. Brest - France: CES-CEDEM, Université de Bretagne Occidentale.

Boncoeur, J., & Tanguy, P. (1997). Les emplois induits par la « `base »' économique brestoise. *Cahiers Economiques de Bretagne*, *42*(2), 1-15.

Boniface, P. (2008). Les opérations militaires extérieures. *Pouvoirs*, *2*(125), 55-67.

Bonnelle, F., & Rochereau, O. (1995). *Défense et aménagement du territoire : Groupe N°11, Promotion Victor Schoelcher (Séminaire à thème commun La défense, de la nation à l'Europe. Promotion Victor Schoelcher.)*. Paris: Ecole Nationale d'Administration.

Boucheron, J. M. (2008). *Rapport n°1201, au nom de la commission des affaires étrangères sur le projet de loi de finaces pour 2009 (n°1127) - Tome IV Défense*. Assemblée Nationale.

Boucheron, J. M. (2011). *Rapport N°3808 au nom de la commission des affaires étrangères sur le projet de loi de finances pour 2012 (n° 3775), Tome IV, Défense* (No. 3808). Assemblée Nationale.

Bouffin, S., & Dhune, M. (2009). La base aérienne 217 et le 1er groupe logistique du commissariat de l'armée de terre en Essonne. Des activités aux effets limités sur l'emploi local. *Insee Ile-de France - Rapport d'étude*, (35), 4.

Boulanger, P. (2001). Les origines de la géographie militaire en France, (début XVIIIème milieu du XIXème siècle). *Revue Internationale d'Histoire Militaire*, (81), 115-134.

Boulanger, P. (2011). *Géographie militaire et géostratégie. Enjeux et crises du monde contemporain*. Armand Colin.

Boyer, A. (2001). *Rapport N°90 au nom de la commission des Affaires étrangères, de la défense et des forces armées (1) sur le projet de loi de finances pour 2002, Tome VIII, Défense -Marine* (p. 50). Sénat.

Boyer, André. (1995). *Rapport au nom de la commission des Affaires étrangères, de la défense et des forces armées (1) sur le projet de loi de finances pour 1996, adopté par l'assemblée nationale, Tome VIII, Marine*. Sénat.

BRAC Commission, D. B. C. and R. C. (2005). Report to the president, Arlington, VA, Defense Base Closure and Realignment Commission.

Braddon, D., & Dowdall, P. (1996). Flexible networks and the restructuring of the regional defence industrial base: The case of south west England. *Defence and Peace Economics*, *7*(1), 47-59.

Braddon, D., Kendry, A., Dowdall, P., & Cullen, P. (1991). *The impact of reduced military expenditure on the economy of South West England*. Bristol Polytechnic: Research Unit in Defence Economics.

Braddon, Derek. (1996). The regional dimension of defence economics: an introduction. *Defence and Peace Economics*, *7*, 1-16.

Brady, T., & Davies, A. (2005). Creating value by delivering integrated solutions. *International Journal of Project Management*, *23*(5), 360-365.

Brauner, W. (1963). Les armées et l'aménagement du territoire. *Revue de Défense Nationale*, *Octobre*, 1583-1591.

Breheny, M. J. (1988). *Defence expenditure and regional development*. London; New York: Mansell Pub.

Brown, A. J. (1967). The « green paper » on the development area. *National Institute Economic Review*, (40), 26-33.

Brown, G., Dell, R. ., & Wood, R. . (1997). Optimization and persistence. *Interfaces*, *25*(5), 15-37.

Brunet, R. (1994). *La France, un territoire à ménager*. Paris: Edition N°1.

Bufferne, J. (2007). Optimiser la maintenance préventive. *Maintenance & Entreprise*, *Septembre 2007*(599).

Burton, R., & Dyckman, J. W. (1965). Defense expenditures in forecasts of California's economic growth. *Western Economic Journal*, *3*(2), 133-141.

Buswell, R. J., & Lewis, E. W. (1970). The geographical distribution of industrial research activity in the United Kingdom. *Regional Studies*, *4*(3), 297-306.

Cail, G., & Meneux, P. (2004). Ces progrès militaires qui changent notre quotidien. *Armées d'Aujourd'hui*, *Septembre 2004*(293), 26-31.

Camagni, R. (1996). *Principes et modèles de l'économie urbaine*. Economica.

Campbell, S. (1993). Interregional Migration of Defense Scientists and Engineers to the Gunbelt during the 1980s. *Economic Geography*, *69*(2), 204-223.

Carlton, D. W., & Perloff, J. M. (2008). *Economie Industrielle* (2e éd.). De Boeck.

Carrez, G., & Giscard d'Estaing, L. (2010). *Rapport N°2857 de l'Assemblée Nationale, Annexe N°11, Budget opérationnel de la défense* (No. 2857). Assemblée Nationale.

Carroué, L. (1990). Siemens, géopolitique d'une firme allemande de haute technologie. *L'information Géographique*, (3).

Carroué, L. (1991). Allemagne : le complexe militaro-industriel dans les mutations des équilibres régionaux. *L'information Géographique*, (1).

Carroué, L. (1993). *Les industries européennes d'armement*. Masson.

Castells, M. (1985). *High technology, space, and society*. Beverly Hills, Calif.: Sage Publications.

Castells, M., & Hall, P. (1994). *Technopoles of the world : the making of twenty-first-century industrial complexes*. London; New York: Routledge.

Catin, M., & Nicolini, V. (2005). Les effets multiplicateurs des dépenses militaires de la DCN Toulon sur l'économie Varoise. *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, (4), 451-480.

Cazeneuve, B., & Cornut-Gentille, F. (2009). *Rapport N°1446 sur la mise en œuvre et le suivi de la réorganisation du ministère de la défense Tome I, rapport d'étape*. Assemblée Nationale.

Cazeneuve, B., & Cornut-Gentille, F. (2010). *Rapport n°2437 sur la mise en œuvre et le suivi de la réorganisation du ministère de la défense, Tome 2 : deuxième rapport d'étape.* Assemblée Nationale.

Cazeneuve, B., & Cornut-Gentille, F. (2012). *Rapport d'information N°4216 sur la mise en œuvre et le suivi de la réorganisation du ministère de la défense* (No. 4216). Assemblée Nationale.

Centre for Local and Regional economic Analysis. (2007). *Socio-economic impact assessment of Portsmouth naval base* (p. 56). Portsmouth: Portsmouth Business School and University of Portsmouth.

Chabbert, C. (IGA). (2010). Le SIAé:« Perenniser l'indépendance de l'Etat » en matière de MCo aéronautique. *Soutien Logistique Défense*, (2).

Chaix, N. (2000). *Qu'est-ce que l'économie de la Défense ?* Paris.

Chan, Y. (2001). *Location theory and decision analysis.* New York: South Western College Publishing.

Charlet, V. (2000). Comment appréhender le poids régional de la dépense de défense ? *Ecodef*, (7), 4.

Chastenet, P. (2009). Réussir la PEGP …un impératif pour les brigades de décision. *Héraclès*, (35), 19-20.

Cheshire, P., & Mills, E. . (1999). *Handbook of Regional and Urban Economics* (1re éd., Vol. 1-3, Vol. 6). Elsevier.

Chevénement, J. P., Larcher, G., Berthou, J., Gournac, A., Guerriau, J., & Mazuir, R. (2013). *Rapport N°513 au nom de la commission des affaires étrangères, de la défense et des forces armées (1) par le groupe de travail « Sahel », en vue du débat et du vote sur l'autorisation de prolongation de l'intervention des forces armées au Mali (article 35 de la Constitution)* (No. 513) (p. 135). Sénat.

Christaller, W. (1933). *Die zentralen orte in Suddeutschland*. Jena: Gustav Fischer Verlag.

Ciborra, C. (1993). *Teams, markets and systems : business innovation and information technology*. New York, NY, USA: Cambridge University Press.

Ciccone, A., & Hall, R. E. (1996). Productivity and the Density of Economic Activity. *American Economic Review*, *86*(1), 54-70.

Clausewitz, C. von. (1980). *De la guerre* (Traduction de Naville D.). Paris: Editions de Minuit.

Clémenceau, C., & Ferre-Lemaire, I. (1997). Adieu l'armée. *Urbanisme*, (292), p.14-19.

Cliquet, G., & Josselin, J.-M. (2002). *Stratégies de localisation des entreprises commerciales et industrielles*. De Boeck.

Collins, M. E. (2008). *The economic impact of base realignment and closure on local communities* (Master of public Policy). Washington: Georgetown University.

Colombian Herrard, L. (2012). Maintien en condition opérationnelle, le SSF au cœur du dispositif. *Cols Bleus*, (2984), 26.

Combes, P. P., Lafourcade, M., Thisse, J. F., & Toutain, J. (2011). The rise and fall of spatial inequalities in France: A long-run perspective. *Explorations in Economic History*, *48*(2), 243-271.

Combes, P. P., Thisse, J. F., & Mayer, T. (2006). *Économie géographique : l'intégration des régions et des nations*. Paris: Économica.

Cornut-Gentille, F. (2011). *Rapport N°3809 au nom de la commission de la défense nationale et des forces armées sur le projet de loi de finances pour 2012 (N°3775), Tome VII, Equipement des forces- défense-dissuasion* (No. 3809). Assemblée Nationale.

Coulomb, F. (2011). La production de défense dans les pays émergents: vers un renouveau? *Géoéconomie*, (57).

Cour des Comptes. (1999). *Les mesures annoncées au terme de la revue des programmes », Rapport au Président de la République, suivi des réponses des administrations, collectivités, organismes et entreprises* (Rapport Annuel).

Cour des Comptes. (2002a). *Rapport : de la suspension de la conscription à la création d'une armée professionnelle* (p. 34).

Cour des Comptes. (2002b). *La professionnalisation des armées*.

Cour des Comptes. (2004). *Le maintien en condition opérationnelle des matériels des armées*.

Cour des Comptes. (2012). *Le bilan à mi-parcours de la loi de programmation militaire, rapport public thématique*.

Cour des Comptes. (2013). *Les achats de maintenance du ministère de la défense : un fort potentiel d'économies* (Rapport public annuel 2013) (p. 28). Paris.

Courlet, C. (2001). *Territoires et régions: les grands oubliés du développement économique*. Paris: Harmattan.

Cova, C., & Kerdraon, J.-N. (2001). *Rapport d'information N°3302 - L'entretien de la flotte: défis et perspectives* (No. 3302) (p. 161). Assemblée Nationale.

Cowan, R., & Foray, D. (1995). Quandaries in the economics of dual technologies and spillovers from military to civilian research and development. *Research Policy*, *24*(6), 851-868.

CPRFA, (Comité des prix de revient des fabrications d'armement). (1997). *Dix-neuvième rapport d'ensemble* (No. 7). Ministère de la Défense.

CPRFA, (Comité des prix de revient des fabrications d'armement). (2001). *Vingt troisième rapport d'ensemble* (No. 7). Ministère de la Défense.

CPRFA, (Comité des prix de revient des fabrications d'armement). (2002). *Vingt-Quatrième rapport d'ensemble* (No. 3). Ministère de la Défense.

CPRFA, (Comité des prix de revient des fabrications d'armement). (2003). *Vingt cinquième rapport d'ensemble*. Ministère de la Défense.

CPRFA, (Comité des prix de revient des fabrications d'armement). (2004). *Vingt sixième rapport d'ensemble*. Ministère de la Défense.

CPRFA, (Comité des prix de revient des fabrications d'armement). (2005). *Vingt septième rapport d'ensemble*. Ministère de la Défense.

CPRFA, (Comité des prix de revient des fabrications d'armement). (2006). *Vingt huitième rapport d'ensemble*. Ministère de la Défense.

CPRFA, (Comité des prix de revient des fabrications d'armement). (2008a). *Trentième rapport d'ensemble* (No. 8). Ministère de la Défense.

CPRFA, (Comité des prix de revient des fabrications d'armement). (2008b). *Vingt neuvième rapport d'ensemble*. Ministère de la Défense.

CPRFA, (Comité des prix de revient des fabrications d'armement). (2009). *Trente et unième rapport d'ensemble* (No. 8). Ministère de la Défense.

CPRFA, (Comité des prix de revient des fabrications d'armement). (2010). *Trente deuxième rapport d'ensemble* (No. 9). Ministère de la Défense.

Cronon, W. (1991). *Natures' metropolis. Chicago and the great West*. London: W.W. Norton.

Cros, B. (1994). L'édification de l'arsenal de Toulon. *Le Chasse Marée*, (85), 14-19.

Crozet, M. (2009). Commerce et géographie: la mondialisation selon Paul Krugman. *Revue d'Economie Politique.*, *119*(4), 513-534.

Crozet, M., & Lafourcade, M. (2009). *La Nouvelle Economie Géographique*. La Découverte.

Crozet, M., Mayer, T., & Mucchielli, J.-L. (2004). How do firms Agglomerate? A Study of FDI in France. *Regional Science and Urban Economics*, *34*, 27-54.

Dabezies, P., & Klein, J. (1998). La réforme de la politique française de défense : [actes du colloque, mars 1997] (p. 150). Paris: Institut de stratégie comparée : Centre de relations internationales et de stratégie : Economica.

Dardia, M. (1996). *The effects of military base closures on local communities. A short-term perspective*. California: RAND, National Research Institute.

Davezies, L. (2008). *La République et ses territoires : la circulation invisible des richesses*. Paris: la République des idées : Seuil.

De Penanros, R. (1995). *Reconversion des industries d'armement crise, adaptation sectorielle et développement régional*. Paris: La Documentation française.

De Penanros, R. (1997). *Le cas de la Bretagne: une vieille tradition militaire navale* (Document non publié.). Brest: Université de Bretagne Occidental.

De Penanros, R., & Quéré, M. (2004). *L'industrie de la construction navale militaire française : les enjeux pour la façade atlantique (Contribution au rapport final réalisé*

pour l'OED). Groupe de recherche en droit, économie et gestion (CNRS-GREDEG) et UBO/CEDEM.

De Penanros, R., & Serfati, C. (2000). Regional Conversion under Conditions of Defense Industry Centralization: The French Case. *International Regional Science Review*, *23*(1), 66-80.

Décret n° 2000-585 JORF. (2000).

Delanoë, I. (2013). Flotte russe de la mer Noire: vers une « flotte forteresse » à l'horizon 2020. *Revue Défense Nationale*, (760), 99-106.

Delas, O., & Deblock, C. (2003). *Le bien commun comme réponse politique à la mondialisation*. Bruxelles: Bruylant.

Dell, R.F. (1998). Optimizing Army Base Realignment and Closure. *Interfaces*, *28*(3), 1-18.

Dell, Robert F. (1998). Optimizing Army Base Realignment and Closure. *Interfaces*, *28*(6), 1-18.

Demons, C. (1978). Les modèles macroéconomiques régionaux. *Revue d'économie Régionale et Urbaine*, (4), 435-464.

Deo. (2001). Low-Cost Composite Materials and Structures for Aircraft Applications. Présenté à RTO AVT Specialists' Meeting on « Low Cost Composite Structures » 7-11 May 2001, Loen, Norway: Published in RTO-MP-069(II).

Derycke, P.-H., & Huriot, J.-M. (1996). Microéconomie et espace : quelle intégration ? *Revue économique*, *47*(2), 187-192.

Desportes, V. (2009). Armées : « technologisme » ou « juste technologie »? *Politique Etrangère*, *74*(2), 403-418.

Dietzenbacher, E., & Lahr, L. M. (2004). *Wassily Leontief and input-output economics*. Cambridge: Cambridge University.

Dieudonné, P., & Marrière, D. (1996). Ports (les) reconstruits. *Revue Urbanisme*, *286*, 30-34.

Dion, Y. (1982). *Le multiplicateur régional dans le contexte d'une petite région* (Mémoire de DEA sous la direction de Claude Lacour.). Bordeaux 1.

Dion, Y. (1987). *Le multiplicateur régional appliqué à un espace de petite dimension* (Thèse de doctorat de 3ème cycle en sciences économiques). Bordeaux 1.

DIRECCTE. (2012). *L'industrie de défense dans la région Centre* (Etude sectorielle). Région Centre.

Dixon, M. C. (2006). *The maintenance costs of aging aircraft : insights from commercial aviation*. Santa Monica, CA: RAND.

Dock, J. F., & Garié, C. H. (2002). La réduction des équipages. *L'Armement*, (79), 95-103.

Dockès, P. (1969). *L'Espace dans la pensée économique du XVIe au XVIIIe siècle.* Paris: Flammarion.

Douglas, W. J. (1926). Les rivières comme barrière militaire. *Annales de Géographie*, *35*(197), 450-450.

Douin, J.-P. (1996). Un chantier sans précédent. *Armées d'Aujourd'hui*, *Mai*(210).

Droff, J. (2011). Conceptualizing both spatial and economic organization of defense support. In *International Conference: defense and its realms*. ENSTA Bretagne Brest (France), April 14&15th 2011.

Droff, J. (2013a). Technological change and disruptive trends in the support of defense systems in France. *Journal of Innovation Economics & Management*, *12*(2), 79-102.

Droff, J. (2013b). The rising cost of the support of defence systems. *Working Paper*.

Droff, J., & Bellais, R. (2013). The spatial organization of defense MRO: challenges and oppotunities in Europe. *17th Annual International Conference on Economics and Security SIPRI Stockholm*.

Droff, J., & Malizard, J. (2013). Rationalisation versus Histoire dans l'organisation géographique de la défense en France. *Working Paper*.

Droff, J., & Paloyo, A. R. (2013). Assessing the Regional Economic Impacts of Defense Activities: A Survey of Methods. *Ruhr Economics Papers*, (417), 37.

Dubois-Maury, J. (1998). Impacts urbains des restructurations de l'appareil militaire en France. *Annales de Géographie*, *107*(599), 89-97.

Dubot, (IGA), et al. (1987). L'AMX Leclerc, la naissance d'une nouvelle génération. *L'Armement*, (6).

Dufour, J. (1990). L'impact régional d'une base militaire : les cas de Bagotville et de Goose Bay. *Cahiers de géographie du Québec*, *34*(93), 333-347.

Dufour, S., Fortin, D., & Hamel, J. (2011). L'enquête de terrain en sciences sociales l'approche monographique et les méthodes qualitatives : bibliographie annotée.

Dulait, A., & Carrère, J. L. (2009). *Rapport d'information N°102, Tome VI- Défense- préparation et emploi des forces* (No. 102). Sénat.

Dulait, A., & Carrère, J. L. (2010). *Rapport d'information N°112, Tome VI- Défense- préparation et emploi des forces* (No. 112). Sénat.

Dulait, A., & Nogrix, P. (2007). *Rapport N°94 au nom de la commission des Affaires étrangères, de la défense et des forces armées (1) sur le projet de loi de finances pour 2008, Adopté par l'assemblée nationale, Tome V, Défense- Préparation et emploi des forces* (No. 94) (p. 65). Sénat.

Dunne, P., & Smith, R. P. (1984). The economic consequences of reduced UK military expenditures. *Cambridge Journal of Economics*, *8*(3), 297-310.

Duranton, G. (1997). La nouvelle économie geographique: agglomeration et dispersion. *Economie et Prévision*, *131*(5), 1-24.

Duranton, G., & Overman, H. . (2005). Testing for localization using micro-geographic data. *Review of Economic Studies*, *72*(4), 1077-1106.

Duranton, G., & Puga, D. (2004). Micro-Foundations of urban agglomeration economies. In *Handbook of Regional and Urban Economics* (Vol. 4, p. 2063-2117). Amsterdam: North-Holland.

Dussauge, P. (1985). *L'industrie française de l'armement*. Paris: Economica.

Dussauge, P., & Cornu, C. (1998). *L'industrie française de l'armement* (2e éd.). Economica.

Eberts, R., & Mc Millen, D. (1999). Agglomeration economies and urban public infrastructure. In *Handbook of Regional and Urban Economics* (Vol. Vol. 3, « Applied urban economics », p. 1455-1495). Elsevier Science.

Eckert, C. (2012). *Rapport N°251, au nom de la commission des finances, de l'économie générale et du contrôle budgétaire sur le projet de loi de finances pour 2013 (N°235) - Annexe N°10: défense, préparation de l'avenir* (No. 251). Assemblée Nationale.

Eckert, C., & Launay, J. (2012). *Rapport n°251 au nom de la commission des finances, de l'économie générale et du contrôle budgétaire sur le projet de loi de finances pour 2013 (n° 235),* (No. 251) (p. 262). Assemblée Nationale.

Elissalde, B. (2000). Géographie, temps et changement spatial. *Espace Géographique*, *29*(3), 224-236.

Elsner, W. (1995). Instruments and Institutions of Industrial Policy at the Regional Level in Germany: The Example of Industrial Defense Conversion. *Journal of Economic Issues*, *29*(2), 503-516.

Erickson, R. (1977). Sub-regional impact multipliers : income spread effects from a major defense installation. *Economic Geography*, *53*(3), 283-294.

European Commission. (1992). *The economic and social impact of reductions in defence spending and military forces in the regions of the Community*. Luxembourg: OOPEC.

Fas, C. (1999). *Méthode d'évaluation économique des projets régionaux : une nouvelle approche appliquée à la professionnalisation des armées*. Thèse de doctorat - Montpellier I.

Fas, C. (2001). La dépense militaire et ses retombées dans la Région Languedoc-Roussillon. Projet d'évaluation. In *Défense et aménagement du territoire : colloque de Montpellier, 4 et 5 décembre 1997* (p. 435). Université de Montpellier 3 Paul Valéry.

Feloy, M., Field, P., & Dickinson, P. (1992). Assessing the impact of a plant closure, a case study of the BAe Kingston site. *Local Economy*, *7*(3), 248-260.

Ferembach, C. (1994). *L'enjeu du désarmement et le problème de l'emploi : un portrait de la situation* (No. 94-3). Université du Québec à Montréal: Continentalisation, Section désarmement et développement économique.

Finch, J. H. (1993). Company-led strategies in defence sector restructuring – implications for local economic development organisations. *Local Economy*, *7*(4), 334-346.

Finch, J. H. (1994). Strategic responses to defence sector restructuring: an analysis of Lancashire-based companies. *Applied Economics*, *26*, 267-376.

Fontanel, J. (1994). *La conversion économique du secteur militaire*. Paris: Economica.

Formont, C. (2009). L'inscription territoriale du 517 Régiment du Train et de la 12ème Base de soutien matériel du site de Neuvy-Pailloux et du site de défense de Châteauroux-Déols. *Insee Centre - Rapport d'étude*, *Octobre 2009*, 56.

Foucault, C. (2012). Une nouvelle vie pour l'EC130. *Air&Cosmos*, (2314), 36-37.

Foucault, M. (2012). Les budgets de défense entre déni et déclin. *Focus Stratégique*, *Avril 2012*(36).

Francina, M. (2007). *Rapport N°3591 par la commission de la défense nationale et des forces armées sur les perspectives d'externalisation pour le ministère de la défense* (No. 3591) (p. 64). Assemblée Nationale.

Fraser of Allander Institute. (2009). *The economic impact of BAE systems surface ships (formerly BVT surface fleet) - Report to BAE systems* (p. 17). Scotland: University of Strathclyde.

Fréville, Y. (2005). *Rapport d'information N°426 sur le maintien en condition opérationnelle de la flotte* (No. 426). Sénat.

Fréville, Y. (2008). *Rapport d'information N°352 sur la structure intégrée de maintien en condition opérationnelle des matériels aéronautiques du ministère de la défense (SIMMAD) et le maintien en condition opérationnelle des matériels aéronautiques du ministère de la défense* (No. 352). Sénat.

Fréville, Y., & Trucy, F. (2007). *Mission défense*. Sénat. Consulté à l'adresse http://www.senat.fr/rap/np08_08/np08_086.html

Frigant, V., & Jullien, B. (2011). L'inéluctable incomplétude des politiques industrielles régionales et européennes: les leçons de la reconversion des industries de défense dans les années 90. *Economie et Institutions*, (12-13), 139-167.

Fromion, Y., & Rouillard, G. (2013). *Rapport d'information n°1233 par la commission de la défense nationale et des forces armées en conclusion des travaux d'une mission d'information relatif à une revue capacitaire des armées* (No. 1233) (p. 91). Assemblée Nationale.

Fujita, M., Krugman, P. ., & Venables, A. (1999). *The spatial economy cities, regions and international trade*. Cambridge, Mass.: MIT Press.

Fujita, M., & Thisse, J. F. (1996). Economics of Agglomeration. *Journal of the Japanese and International Economies*, *10*(4), 339-378.

Fujita, M., & Thisse, J. F. (1997). Économie géographique, Problèmes anciens et nouvelles perspectives. *Annales d'Économie et de Statistique*, (45), 37-87.

Fujita, M., & Thisse, J. F. (2002). *Economics of agglomeration: cities, industrial location, and regional growth*. Cambridge: Cambridge University Press.

Furrer, O. (1997). Le rôle stratégique des services autour des produits. *Revue Française de Gestion*, (113), 98-108.

Fusao, M. (1980). *Base économique et multiplicateur régional* (Thèse de doctorat de 3ème cycle en économie spatiale, urbaine et régionale). Faculté d'économie appliquée d'Aix-Marseille.

Gagnol, L., & Héraut, J.-A. (2001). *Impact économique régional d'un pôle universitaire : application au cas strasbourgeois* (Working Paper No. 11) (p. 20). Strasbourg: Bureau d'Economie Théorique et Appliquée, UDS.

Gansler, J. S. (1995). *Defense conversion : transforming the arsenal of democracy*. Cambridge, Mass.: MIT Press.

GAO. (2003). *Best practices: setting requirement differently could reduce weapon system total ownership costs* (No. 03-57). GAO-03—57 US, Government Printing Office, Washington D.C.: General Accounting Office.

Garrabe, M. (2008). La valeur d'activité totale d'une opération de développement local : les multiplicateurs territoriaux : théorie et application. Université de Montpellier.

Gates, E. (2004). The defence firm of the future,. *Defence and Peace Economics*, *15*(6), 509-517.

Gautier, L. (2007). Les chausse-trapes du Livre blanc. *Politique Etrangère*, *72*(4).

Géneau de Lamarlière, I., & Staszak, J.-F. (2000). *Principes de géographie économique*. Rosny-sous-Bois: Bréal.

Geslin, C., & Bergeron, L. (2001). *La vie industrielle en Bretagne* (2e éd.). Centre de recherche historique sur les sociétés et cultures de l'Ouest (Rennes): Presses Universitaires de Rennes.

Ginet, P. (2011). Les restructurations militaires en Lorraine : enjeux d'aménagement à différentes échelles. *Revue Géographique de l'Est*, *51*(1-2).

Giscard d'Estaing, L. (2011). *Rapport N°3141 d'information sur le coût et les bénéfices attendus de l'externalisation au sein du ministère de la défense. Commission des finances, de l'économie générale et du contrôle budgétaire* (No. 3141). Assemblée Nationale.

Glaeser, E. L. (1999). Learning in Cities. *Journal of Urban Economics*, *46*(2), 254-277.

Glais, M. (1975). *Microéconomie*. Economica.

Glasson, J., Wee, D. van der, & Barrett, B. (1988). A local income and employment multiplier analysis of a proposed nuclear power station development at Hinkley Point in Somerset. *Urban studies*, *25*(3), 248-261.

Glickman, N. J. (1971). An econometric model for the Philadelphia region. *Journal of Regional Science*, *11*(1), 15-32.

Glickman, N. J. (1977). *Econometric analysis of regional systems. Explorations in model building and policy analysis* (Academic Press.). London.

Gonnard, S., & Davezies, L. (Dir. . (2001). *Le procès de la base économique. Enquête sur l'interprétation, l'usage et la condamnation de la base économique par l'économie urbaine du XXème siècle* (Mémoire de DEA d'Urbanisme.). Paris: Institut d'Urbanisme de Paris.

Gouguet, J.-J. (1981). Pour une réhabilitation de la théorie de la base. *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, *1981*(1), 63-83.

Gouguet, J.-J., & Nys, J.-F. (1993). *Sport et développement économique régional : analyse théorique, cas pratiques*. Paris: Dalloz.

Greenwood, D., & Short, J. (1973). Military Installations and Local Economies - a Case Study: The Moray Air Stations. *Aberdeen studies in defence economics - Department of Political Economy*, *4*, 20.

Gretelly-Bosviel, A. (1971). La défense nationale et l'aménagement du territoire. *Revue Défense Nationale*, *Novembre*, 1611-1622.

Gripaios, P., & Gripaios, R. (1994). The impact of defence cuts: the case of redundancy in Plymouth. *Geography*, *79*(1), 32-41.

Grouard, S. (2012). *Rapport n°256 au nom de la commission de la défense nationale et des forces armées sur le projet de loi de finances pour 2013 (n°235) - Tome VI - défense, préparation et emploi des forces: air* (No. 256) (p. 73). Assemblée Nationale.

Guelton, S. (1998). Dix ans de vente des terrains militaires. *Etudes Foncières*, (79), 19-22.

Guelton, S. (2001). Les communes face à la reconversion des terrains militaires. *Etudes Foncières*, (93), 22-24.

Guerrien, B. (2002). *Dictionnaire d'analyse économique : microéconomie, macroéconomie, théorie des jeux, etc.* Paris: La Découverte.

Guglielminotti, F. (Colonel). (2011). Le SMITer...au delà du sigle. *Materiel et Technique*, (176), 8-11.

Guichard, R. (2004). Eléments pour un repositionnement de la R&D de défense au sein du système d'innovation français. *Revue d'économie industrielle*, (108).

Hagey, M. J., & Malecki, E. J. (1986). Linkages in high technology industries : a Florida case study. *Environment and planning A*, (18), 1477-1488.

Haldi, J., & Whitcomb, D. (1967). Economies of scale in industrial plants. *Journal of Political Economy*, *75*(4), 373-385.

Hansen, J.-P., & Percebois, J. (2010). *Energie. Economie et politiques*. De Boeck.

Hansen, K. N. (2004). *The Greening of Pentagon brownfields: using environmental discourse to redevelop former military bases*. Lanham.

Hansen, N. (1990). Do producer services induce regional economic development ? *Journal of Regional Science*, *30*(4), 465-476.

Hartley, K. (1991). *The economics of defence policy*. England: Brassey's.

Hartley, K. (2012). Conflict and Defence Output: An Economic Perspective. *Revue d'Economie Politique.*, *122*(2), 171-195.

Hartley, K., & Sandler, T. (1995). *Handbook of defense economics* (Vol. 1). Amsterdam; New York: Elsevier.

Hartley, K., & Sandler, T. (2003). The Future of the Defence Firm. *Kyklos*, *56*(3), 361-380.

Hartley, K., & Sandler, T. (2007). *Handbook of defense economics. Defense in a globalized world* (Vol. 2). Amsterdam; New York: Elsevier.

Hébert, J. . (1993). *Mutation du système français de production d'armement: la fin d'une régulation administrée* (Thèse de doctorat). Université Pierre Mendès France, Grenoble.

Hébert, J. P. (1994). *Problématique et situation de la reconversion en France*. Montréal: Groupe de recherche sur la continentalisation, Université du Québec à Montréal, Département de science politique.

Hébert, J. P. (1995). *Production d'armement : mutation du système français*. Paris: La Documentation française.

Hébert, J. P. (2007). Un livre blanc pour l'autonomie stratégique. *Le débat Stratégique*, *92*(176).

Hemmer, A. (DA de l'AIAé de C. P. (2010). MCO des parcs de l'Aéronavale : le nouvel adossement Marine-SIAé. *Soutien Logistique Défense - Printemps-Eté 2010*.

Henderson, J. V., & Thisse, J. F. (2004). *Cities and Geography* (Vol. 4). Elsevier.

Hendrickx-Candela, C. (2006). La réorganisation des relations industrielles au sein du secteur militaire : une analyse de la façade méditerranéenne, , « Dynamique technologique et organisation ». *Economie et Sociétés*, (1), 31-74.

Herchin, M. (2001). Tradition et Innovation Dassault Aviation. *Bulletin de la Sabix*, (29).

Hicks, L., & Raney, C. (2003). Social Impact of Military Growth in St. Mary's County, Maryland, 1940-1995. *Armed Forces & Society*, *29*(3), 353-371.

Honing, B., Lerner, M., & Raban, Y. (2006). Social capital and the linkages of high-tech companies to the military defense system: is there a signaling mechanism? *Small Business Economy*, *27*, 419-437.

Hooker, M. A. (1996). How do changes in military spending affect the economy? Evidence from state-level data. *New England Economic Review*, *March-April 1996*, 3-15.

Hooker, M. A., & Knetter, M. M. (2001). Measuring the economic effects of military base closures. *Economic Inquiry*, *39*(4), 583-598.

Hoover, E. M. (1937). *Location theory and the shoe and the leather industries*. Cambridge: Harvard University Press.

Houdebine, M. (1999). Concentration geographique des activites et specialisation des departements francais. *Economie et Statistique*, (326-327), 189-204.

Hourcade, J.-C. (1985). Les économies d'échelle,. *Communications*, (42), 103-119.

Hoyt, H. (1943). The economic background of a city is the foundation of the master plan. *National Real Estate Journal*, *August*.

Hoyt, H. (1954). On Development of Economic Base Concept. *Land Economics*, *30*(2), 182-186.

Hoyt, H. (1961). The Utility of the Economic Base Method in Calculating Urban Growth. *Land Economics*, *37*(1), 51-58.

Hughes, D., Holland, D., & Wandscheinder. (1991). The impact of changes in military expenditures on the Washington state economy. *Review of Regional Studies*, *21*, 311-327.

Hummels, D. (2007). Transportation cost and international trede in the Second Era of Globalization. *The Journal of Economic Perspectives*, *21*(03), 131-154.

Insee Aquitaine, & Insee Midi-Pyrénées. (2011). *L'aéronautique et l'espace. En Aquitaine et Midi-Pyrénées, région d'Aerospace Valley* (p. 48).

Irastorza, E. (Général). (2008). *Audition du général Elrick Irastorza, chef d'état–major de l'armée de terre, sur le projet de loi de finances pour 2009 (Présidence de M. Guy Teissier)* (No. 11). Assemblée Nationale.

Isard, W. (1960). *Methods of regional analysis; an introduction to regional science,*. Cambridge: Published jointly by the Technology Press of the Massachusetts Institute of Technology and Wiley, New York.

J.O.A.N, J. officiel A. nationale. (2011). *Réponse à la question écrite n° 98 826 - 31 mai 2011*. Assemblée Nationale.

Jauhiainen, J. (1999). Defence and régional conversion : the case of Finland. In *in : GRIP, 1999, Post-Cold war Conversion in Europe – defence restructuring in the 1990s and the régional dimension* (p. 77-87). Bruxelles: GRIP.

Jayet, H. (1993). *Analyse spatiale quantitative : une introduction*. Paris: Economica.

Jennequin, H. (2005). *La localisation des activités tertiaires : un enjeu économique majeur* (Thèse de doctorat). Paris XIII.

Jenner, S., & Wells, P. E. (1990). Local Buyer-Supplier Relations in Military Production: The Case of Westland at Yeovil. *Area*, *22*(2), 117-123.

Job, L. (2012). Les mutations des tissus industriels régionaux depuis les années 90 : une analyse des caractéristiques des zones d'emploi de 8 régions de France métropolitaine. Présenté à 49ème colloque de l'ASRDLF, Université de Franche Comté, Belfort.

Joubert, P. (2011). Evolution of Aircraft Maintenance and Support Concepts – French Armed Forces Perspectives. *Publication OTAN*. Consulté à l'adresse http://ftp.rta.nato.int/public//PubFullText/RTO/MP/RTO-MP-AVT-144///MP-AVT-144-02.pdf

Jovanovic, M. N. (2001). *Geography of Production and Economic Integration*. London: Routledge.

JPC. (2010). La défense réorganise ses centres d'essai. *Air&Cosmos*, (2202), 28.

Julian, F. (2009). Effort de réduction de masse pour le F136. *Air&Cosmos*, (2163), 28.

Julian, F. (2010a). Turboméca : les priorités pour ses futurs moteurs. *Air&Cosmos*, (2207), 16-18.

Julian, F. (2010b). Dans l'attente de décisions stratégiques – Dossier moteurs militaires. *Air&Cosmos*, (223), 12-15.

Julian, F. (2010c). La furtivité à l'épreuve du temps. *Air&Cosmos*, (2225), 40.

Julian, F.. (2012). Fiabilité renforcée pour le M-88. *Air&Cosmos*, (2296), 27.

Kahn, R. F. (1931). The Relation of Home Investment to Unemployment. *The Economic Journal*, *41*(162), 173-198.

Kaldor, M. (1981). *The baroque arsenal*. New York: Hill and Wang.

Kaldor, M. (1999). *New and old wars : organized violence in a global era*. Stanford, Calif.: Stanford University Press.

Kaldor, M., Sharp, M., & Walker, W. (1986). Industrial competitiveness and Britain's defence. *Lloyds Bank Review*, *162*, 31-49.

Kaldor, M., Smith, D., & Vine, S. (1977). *Democratic socialism and the cost of defence*. London: Croom Helm.

Keating, E.G., & Camm, F. A. (2002). *How should the U.S. Air Force Depot Maintenance Activity Group be funded? : insights from expenditures and flying hour data*. Santa Monica, CA: RAND.

Keating, Edward G, & Dixon, M. C. (2003). *Investigating optimal replacement of aging Air Force systems*. Santa Monica, CA: RAND.

Kelche, J. P. (2002). *CEMA - Compte rendu N°5 de la commission défense de l'assemblée nationale, séance du mardi 23 juillet 2002*. Assemblée Nationale.

Kempf, O. (2010). Perspectives stratégiques. *Revue Défense Nationale*, (726).

Kempf, O. (2012). *La logistique, une fonction opérationnelle oubliée*. L'Harmattan.

Keynes, J. M. (1936). *The general theory of employment, interest, and money*.

Kintz, C. (2000). *L'évolution du domaine militaire attribué à l'armée de terre en France métropolitaine depuis 1945 et ses implications sur l'aménagement du territoire, l'urbanisme et l'environnement*. Paris 4 (Carmona M. Dir.).

Kirat, & Bayon. (2004). *Contrats d'acquisition, maintenance et coût global de possession : comparaisons dans le domaine aéronautique entre la France, le Royaume-Uni, les Etats-Unis et l'OTAN* (Rapport final) (p. 260). Observatoire économique de la Défense (OED).

Kirkpatrick, D. L. I. (1995). The rising unit cost of defence equipment - the reasons and the results. *Defence and Peace Economics*, *6*, 263-288.

Klein, L. R., & Glickman, N. J. (1977). Econometric model-building at regional level. *Regional Science and Urban Economics*, *7*, 3-23.

Krizan, C. (1998). Localized effects of California's military bases realignments: evidence from multisector longitudinal micro data. *Working Paper- Bureau of the Census*, 44.

Krugman, P. (1993). First Nature, Second Nature, and Metropolitan Location. *Journal of Regional Science*, *33*(2), 129-144.

Krugman, P., & Wells, R. (2009). *Microeconomics* (2e éd.). New York, NY: Worth Publishers.

Krumme, G. (1968). Werner Sombart and the Economic Base Concept. *Land Economics*, *44*(1), 112-116.

Kubiak, Y., & Serre, O. (2009). Départ du 13ème RDP. Un impact géographiquement très localisé. *Insee Lorraine*, *octobre 2009*(186), 4.

Kubiak, Y., & Serre, O. (2010a). Evaluation de l'impact des restructurations militaires sur l'espace résidentiel de l'agglomération messine. *Insee Lorraine*, *Avril*(215), 1-8.

Kubiak, Y., & Serre, O. (2010b). Restructurations militaires dans la zone d'emploi de Metz : une évaluation pour la reconversion des personnels. *Insee Lorraine*, *Janvier 2010*(203), 6.

Labrande, J. M. (2010). Le SSF : dix ans déjà. *Soutien Logistique Défense*, (3).

Lacoste, Y. (1976). *La Géographie, ça sert d'abord à faire la guerre*. Paris: F. Maspero.

Laganier, J., & Gastaud, E. (1996). L'impact économique des installations militaires du plateau d'Albion. *Insee, Sud Information Economique PACA*, (63).

Lamour, M. (2007). *Rapport N°280 au nom de la commission de la défense nationale et des forces armées sur le projet de loi de finances pour 2008 (n° 189), Tome V, Défense, Préparation et emploi des forces armées, Marine* (No. 280). Asssemblée Nationale.

Lamour, M. (2011). *Rapport N°3809 sur le projet de loi de finances pour 2012 (n° 3775), Tome V, Défense, Préparation et emploi des forces armées, Marine* (No. 3809). Assemblée Nationale.

Langlois, Y. (IGA). (1999). Le SMA : de l'arsenal à l'entreprise. *L'Armement*, (66), 59-64.

Law, C. M. (1983). The defence sector in British regional development. *Geoforum*, *14*, 169-184.

Le Bris, G. (2012). *Rapport n°256 au nom de la commission de la défense nationale et des forces armées sur le projet de loi de finances pour 2013 (n°235) - Tome V, Défense, préparation et emploi des forces: marine* (No. 256) (p. 49). Assemblée Nationale.

Le Nouail, M.-N., & Sauvin, T. (1996). Is territory a factor in the conversion of military activities ? The case of Brest. *Defence and Peace Economics*, *7*, 61-73.

Leather, A. (2011). *Market Insight: Evolving Support in Service in the European Defence Market* (p. 6). Frost&Sullivan. Consulté à l'adresse http://www.frost.com/prod/servlet/cio/242075177

Lecompte-Boinet, G. (2011). Les industriels s'en vont en guerre... *L'Usine Nouvelle*, (3242), 36-38.

Lefeez, S. (2013). Toujours plus cher? Complexité des systèmes d'armement et inflation des coûts militaires. *Focus Stratégique*, (42).

Léo, P.-Y., & Philippe, J. (1998). Tertiarisation des métropoles et centralité une analyse de la dynamique des grandes agglomérations en France. *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, (1), 63-84.

Leontief, W. (1936). Quantitative Input and Output Relations in the Economic Systems of the United States. *The Review of Economic Statistics*, *18*(3), 105-125.

Leontief, W. (1951). *The structure of American economy, 1919-1939; an empirical application of equilibrium analysis.* New York: Oxford University Press.

Leontief, W., et al. (1965). The Economic Impact--Industrial and Regional--Of An Arms Cut. *The Review of Economics and Statistics*, *47*(3), 217-241.

Leroux, P. (2003). *Présence et représentation de l'institution militaire dans la ville* (No. 54). C2SD: Ministère de la Défense.

Lesage, J. P., & Pace, R. K. (2009). *Introduction to spatial econometrics*. Boca Raton: CRC Press.

Lesourne, J. (1955). La notion de coût marginal dans l'industrie houillère. *Annales des Mines*, *Avril*.

Livre blanc. (1972). *Livre Blanc sur la défense nationale* (Vol. 1-2). Ministère de la défense nationale -Imprimerie du CEDOCAR.

Livre blanc. (1994). *Livre blanc sur la défense*. Paris: Union Générale d'Éditions.

Livre blanc. (2008). *Défense et sécurité nationale : le livre blanc*. Paris: O. Jacob : Documentation française.

Livre blanc. (2013). *Défense et sécurité nationale : le livre blanc*. Paris: Direction de l'information légale et administrative.

Lollier, J.-C., Prigent, L., & Thouément, H. (2005). *Les nouveaux facteurs d'attractivité dans le jeu de la mondialisation*. Rennes: PUR.

Loveridge, S. (2004). A Typology and Assessment of Multi-sector Regional Economic Impact Models. *Regional Studies*, *38*(3), 305-317.

Lovering, J. (1985). Regional intervention, defence industries and the structuring of space in Britain, the case of Bristol and South Wales. *Environment and Planning – D: Society and Space*, *3*, 85-107.

Lovering, J. (1989). Diversification policies in defence-dependent local economies: current British experience. *Local Economy*, *4*(2), 113-124.

Lovering, J. (1991a). The changing geography of the military industry in Britain. *Regional studies*, *25*(4), 279-293.

Lovering, J. (1991b). The British defence industry in the 1990s: a labour market perspective. *Industrial Relations Journal*, *22*(2), 103-116.

Lovering, J., & Boddy, M. (1988). The geography of military industry in Britain. *Area*, *20*(1), 41-51.

Lutz, C. (2001). *Homefront : a military city and the American twentieth century*. Boston: Beacon Press.

Mac Millan, & Framinghan. (1975). *Manitoba's interlake area: a regional development evaluation*. Ames, Iowa.

Malizard, J. (2011). *Dépenses militaires et Croissance économique*. Thèse de doctorat, Université Montpellier I.

Mampaeye, L. (1999). Defence and regional conversion : the case of Belgium. In *in : GRIP, 1999, Post-Cold war Conversion in Europe – defence restructuring in the 1990s and the régional dimension*. Bruxelles: GRIP.

Mampaeye, L. (2012). *dépenses militaires, production et transferts d'armes. Compendium 2012* (No. 4). Groupe de recherche et d'information sur la paix et la sécurité (GRIP).

Mandraut, C. (2009). Cinq dispositifs pour la défense en Aquitaine. *Air&Cosmos*, (2162).

Mandraut, C. (2012a). La maintenance version Sud-Ouest. *Air&Cosmos*, (2302), 36.

Mandraut, C. (2012b). L'Aquitaine incite ses clusters à échanger. *Air&Cosmos*, (2317), 26.

Marini, P. (2001). *Rapport général N°87 au nom de la commission des Finances, du contrôle budgétaire et des comptes économiques de la nation (1) sur le projet de loi de finances pour 2002 - Tome III Les moyens des services et le dispositions spéciales (Deuxième partie de la loi de finances)* (No. 87) (p. 79). Sénat.

Marini, P. (2004). *Rapport général N°74 fait au nom de la commission des Finances, du contrôle budgétaire et des comptes économiques de la Nation (1) sur le projet de loi de finances pour 2005, Tome III, Les moyens des services et les dispositions spéciales (Deuxième partie de la loi de finances)* (No. 74). Sénat.

Marini, P. (2007). *Rapport général N°91, au nom de la commission des Finances, du contrôle budgétaire et des comptes économiques de la Nation (1) sur le projet de loi de finances pour 2008, TOME III Moyen des politiques publiques et dispositions spéciales, Annexe N°8 – DÉFENSE, par les rapporteurs spéciaux : MM. Yves Fréville et François Trucy* (No. 91). Sénat.

Markusen, A. . (1986a). The military remapping of the United States. *Built Environment*, *11*, 171-180.

Markusen, A. . (1986b). Military spending and the U.S. economy: distorsions and decline,. *World Policy Journal*, *3*(3), 495-516.

Markusen, A. . (1991). *The Rise of the gunbelt : the military remapping of industrial America*. New York: Oxford University Press.

Markusen, A. ., Hall, P., & Glasmeier, A. (1986). *High tech America : the what, how, where, and why of the sunrise industries*. Boston: Allen & Unwin.

Marshall, A. (1890). *Principles of Economics*.

Martin, J.-C. (2010). *Impacts économiques d'une politique de réduction des émissions de gaz à effet de serre de la région Aquitaine* (Thèse de doctorat). Université de Bordeaux IV, Bordeaux.

Martin, M. L. (1981). Le déclin de l'armée de masse en France: Note sur quelques paramètres organisationnels. *Revue Francaise de Sociologie*, *22*(1), 87-115.

Martin, P., Mayer, T., & Mayneris, T. (2011). Spatial concentration and plant-level productivity in France. *Journal of Urban Economics*, *69*(2), 182-195.

Martre, H. (1982). Les perspectives des activités françaises d'armement dans leur environnement international : exposé du Délégué Général pour l'Armement à l'Institut

des Hautes Etudes de Défense Nationale le samedi 17 avril 1982. *Défense nationale*, *38*, 5-13.

Marty, F., Trosa, S., & Voisin, A. (2006). *Les partenariats public-privé* (La Découverte.).

Masson, S., & Petiot, R. (2012). Localisation des activités logistiques en France: faits stylisés et déterminants (p. 19). Présenté à Colloque Association de Science Régionale De Langue Française (ASRDLF) 2012, Belfort.

Mattson, L. G. (1973). Systems selling as a strategy on industrial markets. *Industrial Marketing Management*, *3*(2), 107-120.

Maury, J. P. (2001). L'effort européen de défense et ses implications budgétaires. In *Colloque organisé par l'Observatoire européen de stratégie, Centre de relations internationales et stratégiques (OES-CRIS), 15 et 16 juin 2001*.

Mc Curry, J. W. (2003). From swords to ploughshares: once engines of defense erstwhile bases now battle for industry. *Site Selection*, *48*(6), 688-729.

Meade, D. (1995). An introduction to DEIMS the defense economic modelling system, Inforum outlook conference. *http://inforumweb.umd.edu/papers/wp/wp/1995/wp95005.pdf*.

Meade, D. (1998). Defense spending in the context of the U.S. economy: 1987-2003, INFORUM. *http://inforumweb.umd.edu/papers/wp/wp/1998/wp98001.pdf*.

Mehay, S., & Solnick, L. M. (1990). Defense spending and state economic growth. *Journal of Regional Science*, *30*(4), 447-487.

Merchet, J.-D. (1988). L'industrie d'armement française à l'ombre de l'Etat. *Le Monde Diplomatique*, (408), 8-9.

Meunier, H. L. (2003). Changement de statut de DCN. Le nouveau visage du MCO. *L'Armement*, *Octobre 2003*(83), 84-88.

Meyer, G. (2002). *Rapport d'information N°328 sur l'entretien des matériels des armées* (No. 328). Assemblée Nationale.

Meyer, G. (2003). L'entretien des matériels, un sursaut nécessaire. *L'Armement*, *Octobre 2003*(83), 8-12.

Miller, R. E., & Blair, P. D. (1985). *Input-output analysis : foundations and extensions*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.

Miller, R. E., & Sawers, D. (1968). *The technical development of modern aviation*. Oxon: Routledge and Kegan Paul, Henley-on-thames.

Ministère de la défense. (2013). *Projet de Loi de Programmation Militaire 2014-2019, dossier thématique*.

MoD. (2006). *Enabling Acquisition Change. An examination of the Ministry of Defence's ability to undertake Through Life Capability Management*. Ministry of Defence.

Monchy, F., & Vernier, J.-P. (2012). *Maintenance : méthodes et organisations pour une meilleure productivité* (3e éd.). Paris: Dunod.

Monferrand, A. (1972). *Défense nationale et aménagement du territoire* (Thèse de doctorat). Ecole Militaire.

Moore, C. L. (1974). The Impact of Public Institutions on Regional Income; Upstate Medical Center as a Case in Point. *Economic Geography*, *50*(2), 124-129.

Morin, R. (1991). Démilitariser l'Ile de France. *Economie et Politique*, *176 - Décembre 1991*(449).

Mouritz, A. P., & et al. (2001). Review of Advanced composite structures for naval ships and submarines. *Composite Structures*, *53*(1), 21-41.

Mraffko, C., & Rosso, R. (2013). Les drones attaquent. *L'Express*. Consulté à l'adresse http://www.lexpress.fr/actualite/monde/les-drones-attaquent_1235283.html

Murphy, H. I. (2003). The drill on military base conversion. *National Real Estate Investor*, *45*(7), 101-105.

Murray, A. T., & Grubesic, T. H. (2007). *Critical Infrastructure: Reliability and Vulnerability. Advances in Spatial Science.* Springer.

Musquière, A. (2009). Hélicoptères de combat, polyvalence et performance en hausse. *Air&Cosmos*, (2180), 10-15.

NAO. (2005). *Major Projects - Ministry of Defence*. Londres: National Accounting Office.

Nicolini, V. (2003). *L'effet des dépenses militaires sur les économies régionales et nationale*. Thèse de doctorat - CRERI - Université de Toulon et du Var.

Nijkamp, P., Rietveld, P., & Folke, S. (2000). Regional and multiregional economic models: a survey. In *Handbook of regional and Urban Economics* (Vol. 1, p. 257-294).

Nogrix, P. (2005). *Rapport N°102 au nom de la commission des Affaires étrangères, de la défense et des forces armées (1) sur le projet de loi de finances pour 2006, Adopté par l'assemblée nationale, Tome VI, Défense- Forces aériennes* (No. 102). Sénat.

North, D. (1955). Location theory and regional economic growth. *The journal of Political Economy*, *63*(3), 243-258.

O'Sullivan, A. M. (1996). *Urban Economics* (3e éd.). Boston: Irwin.

Ottoman, G. ., Nixon, W. ., & Lofgren, S. . (1999a). Budgeting for Facility Maintenance and Repair. I: Methods and Models. *Journal of Management in Engineering*, *15*(4), 71-83.

Ottoman, G. ., Nixon, W. ., & Lofgren, S. . (1999b). Budgeting for Facility Maintenance and Repair. II: Multi-criteria. *Journal of Management in Engineering*, *15*(4), 84-95.

Ouest-France. (2013). Brest, garage des sous-marins toulonnais ? *12 Février 2013*.

Palmer, D. R. (Planning S., Operations Division, NATO International Staff). (2008). Le Livre blanc sur la défense et la sécurité nationale : et après ? In *FRS, Journées d'étude - Actes du 17 septembre 2008*.

Paloyo, A.R, Vance, C., & Vorell, M. (2010). The regional economic effects of military base realignments and closures in Germany. *RHUR Economic Papers - RUB*.

Paloyo, Alfredo R., Vance, C., & Vorell, M. (2010). The Regional Economic Effects Of Military Base Realignments And Closures In Germany, *21*(5-6), 567-579.

Panafieu, N., & Brefort, M. (2009). La base aérienne 112. Un effet limité sur l'activité économique. *Insee Flash Champagne- Ardenne*, *Juin 2009*(104), 4.

PAP. (2006). *Projet Annuel de Performance*. Ministère de la Défense.

PAP. (2007). *Projet Annuel de Performance*. Ministère de la Défense.

PAP. (2009). *Projet Annuel de Performance*. Ministère de la Défense.

PAP. (2011). *Projet Annuel de Performance*. Ministère de la Défense.

PAP. (2012). *Projet Annuel de Performance*. Ministère de la Défense.

PAP. (2013). *Projet Annuel de Performance*. Ministère de la Défense.

Parai, L., Solomon, B., & Wait, T. (1996). Assessing the socio-economic impacts of military installations on their host communities. *Defence and Peace Economics*, *7*, 7-19.

Pastor, J. M., Dulait, A., Berthou, J., Demessine, M., Gautier, J., Gournac, A., … Néri, A. (2012). *Rapport d'information N°680 fait au nom de la commission des affaires étrangères, de la défense et des forces armées (1) par le groupe de travail sur le format et l'emploi des forces armées post 2014,* (No. 680). Sénat.

Paukert, L., & Richards, P. J. (1991). *Defence expenditure, industrial conversion, and local employment*. Geneva: International Labour Office.

Peaucelle, J.-L. (2000). Les économies d'échelle dans les parties d'un processus productif et leur combinaisons (p. 23). Présenté à XVèmes journées des IAE, Biarritz.

Pecqueur, B. (2001). Qualité et développement territorial : l'hypothèse du panier de biens et de services territorialisés. *Economie Rurale*, *261*(1), 37-49.

Pellegrin, L. (2010). Implantations de défense sur le territoire national. *Revue Défense Nationale*, (728), 35-40.

Peltier, L. C., & Pearcy, G. E. (1966). *Military Geograhy*. Princeton.

Perani, G. (2000). Italian contrasts in regional military industrial conversion. *International Regional Science Review*, *23*(1), 91-102.

Perrier, M. (2012). Maintien en condition opérationnelle. Des chantiers pour durer à la mer. *Cols Bleus*, (2993), 14.

Perrot, J. (1953). *Productivité et prix de revient dans les arsenaux de la Marine Nationale*. Thèse de doctorat en Economie, Rennes.

Pflimlin, E. (2013). Baisse des dépenses militaires mondiales en 2012, une première depuis 1998. *Le Monde*. Consulté à l'adresse http://www.lemonde.fr/international/article/2013/04/15/baisse-des-depenses-militaires-mondiales-en-2012-une-premiere-depuis-1998_3159713_3210.html

Phliponneau, M. (1957). Le déséquilibre régional français et la Défense nationale, première partie: le problème. *Revue Défense Nationale*, 545-558.

Picard, P. (2011). *Éléments de microéconomie. 1, Théorie et applications*. Paris: Montchrestien-Lextenso éd.

Pintat, X. (2001). *Rapport N°90 au nom de la commission des Affaires étrangères, de la défense et des forces armées (1) sur le projet de loi de finances pour 2002, Tome VII, Défense-Air* (p. 51). Sénat.

PIPAME. (2010). *Maintenance et réparation aéronautique: base de connaissance et évolution* (p. 66). Pôle Interministériel de la Prospective et d'Anticipation des Mutations Economiques - Ministère de l'Economie de l'Industrie et d el'Emploi - Ministère de la Défense.

Pite, C. (1980). Employment and defence. *Statistical News*, *51*, 15-20.

Poffet, G. (1989). Les méthodes de mesure du multiplicateur régional et leur degré d'application au contexte suisse. *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, *5*, 753-779.

Polèse, M. (1980). Concentration et déconcentration des administrations publiques. Une analyse de la structure spatiale de l'administration fédérale canadienne. *Annals of Public and Cooperative Economics*, *51*(1-2), 123-148.

Polèse, M. (1994). *Economie urbaine et régionale : logique spatiale des mutations économiques*. Paris: Economica.

Polèse, M., & Shearmur, R. (2005). *Économie urbaine et régionale : introduction à la géographie économique* (2e éd.). Paris: Economica.

Ponsard, C. (1955). *Économie et espace; essai d'intégration du facteur spatial dans l'analyse économique.* Paris: SEDES.

Ponsard, C. (1988). *Analyse Economique Spatiale*. PUF.

Poppert, P. E., & Herzog, H. W. (Jr). (2003). Force reduction, base closure, and the indirect effects of military installations on local employment growth. *Journal of Regional Science*, *43*(3), 459-481.

Porter, M. (1990). *The competitive advantage of nations*. N.Y.: The Free Press.

Porter, M. (1998). *On competition*. Harvard Business Scholl Press.

Porter, M. (2003). The economic performance of regions. *Regional Studies*, *37*(6-7), 549-578.

Prager, J.-C., & Thisse, J.-F. (2010). *Économie géographique du développement* (La Découverte.).

Pred, A. (1966). *The spatial dynamics of U.S. urban-industrial growth, 1800-1914; interpretive and theoretical essays*. Cambridge, Mass.: M.I.T. Press.

Prome, J. L. (2010). Le big-bang du MCO de l'armée de terre. *Défense&Sécurité Internationale*, (56).

Puga, D. (2010). The Magnitude and causes of agglomeration economies. *Journal of Regional Science*, *50*(1), 203-219.

Puyeo, J. (2012). *Rapport n°256 au nom de la commission de la défense nationale et des forces armées sur le projet de loi de finance pour 2013 (n° 235) - Tome IV: défense, préparation et emploi des forces terrestres : Forces terrestres* (No. 256) (p. 66). Assemblée Nationale.

Pyles, R. (1999). *Aging aircraft : implications for programmed depot maintenance and engine-supported costs*. Santa Monica, CA: RAND Corporation.

Pyles, R. (2003). *Aging aircraft : USAF workload and material consumption life cycle patterns* (Project Air Force (U.S.).). Santa Monica, CA: Rand.

Quant, T. (1984). *Géoscopie de la France*. Paris: Minard - Paradigme.

Quaranta, P. (2012). Sensors for fighter aircraft. *Military Technology*, *7*, 45-50.

Quigley, P. M. (1991). Diversification in coventry's military industry: Implications for a decentralised conversion strategy. *Local Economy*, *6*(3), 211-223.

Rallet, A., & Torre, A. (1995). *Économie industrielle et économie spatiale*. Paris: Économica.

RAND. (2005). *Options for Reducing Costs in the United Kingdom's Future Aircraft Carrier (CVF) Program* (p. 214). RAND Corporation.

Ravix, J.-T., Bernard, J., Hendrickx, C., De Penanros, R., & Quéré, M. (2005). *L'évolution des relations interentreprises dans la construction navale militaire*. GREDEG/CDEM/CRERI pour l'Observtoire Economique de la Défense.

Rebeaud, M. (2012). Refroidir l'avion plus électrique, c'est possible. *Air&Cosmos*, *Février 2012*(2300), 34.

Regrain, R. (1988). Les territoires de l'armée en France métropolitaine. *Mappemonde*, (1), 38-47.

Remy, J. (2013). *MCO News*, (3).

Rendon, R. G., & Snider, K. F. (2008). *Management of defense acquisition projects* (Ned Allen.).

Richardson, H. W. (1985). Input-Output and economic base multipliers: looking backward and forward. *Journal of Regional Science*, *25*(4), 607-661.

Rioux, J. J. M., & Schofield, J. A. (1990). Economic impact of a military base on its surrounding economy: the case of CFB Esquimalt Victoria British Columbia. *Canadian Journal of Regional Science*, *13*(1), 47-61.

Rivière, J. (2005). *Rapport N°2540 au nom de la commission de la défense nationale et des forces armées sur le projet de loi de finance pour 2006, Tome VIII, Défense Equipement des forces*. Assemblée Nationale.

Robert, M. (2007). Les Composites Aéronautiques 40 ans déjà et ce n'est qu'un début !! In *Communication au Colloque Composite de Toulouse du 3 octobre 2007 N°41*.

Rodriguez, M. (1981). Défense et aménagement du territoire : la problématique française. *Cahiers du séminaire Charles Gide Université de Montpellier*, (XV), 144-153.

Roger, G., & Dulait, A. (2012). *Rapport n°660 au nom de la commission des affaires étrangères, de la défense et des forces armées (1) sur la mise en place de la réforme des bases de défense*. Sénat.

Romer, P. M. (1986). Increasing Returns and Long-Run Growth. *The Journal of Political Economy*, *94*(5), 1002-1037.

Rosenbluth, G. (1967). *The Canadian economy and disarmament.* Toronto: Macmillan of Canada.

Roturbin, J. L., & Chol, E. (2001). L'entretien des sous-marins nucléaires lanceurs d'engins. *La Ligne Jaune et Rouge - Revue de la communauté Polytechnicienne*, *Avril 2001*(564).

Rowley, T., & Stenberg, P. L. (1993). *A Comparison of Military Base Closures: Metro and Nonmetro Counties, 1961-90* (Staff Report No. 9307) (p. 23). Agriculture and Rural Economy Division, Economic Research Service: U.S. Department of Agriculture.

Sammeth, F. (2013). Les effets de la crise économique sur les dépenses de défense en Europe. *Revue Défense Nationale*, (758), 80-85.

Sandler, T., & Hartley, K. (1995). *The economics of defense*. Cambridge University Press.

Sapir, J. (1996). The Effects of Europe's Internal Market Program on Production and Trade: A First Assessment. *Weltwirtschatliches Archiv*, *132*(3), 457-475.

Sasaki, K. (1963). Military Expenditures and the Employment Multiplier in Hawaii. *The Review of Economics and Statistics*, *45*(3), 298-304.

Sauvin, T. (1998). Conversion, le rôle de la confiance : le cas du site brestois. *Damoclès*, *2ème trimestre 1998*(77), 21-22.

Sauvin, T. (2000). Les plate-formes offshores et la construction d'un système productif local dans la zone d'emploi de Brest. *Cahiers Economiques de Bretagne*, *Septembre 2000*(3), 25-38.

Saxenian, A. (1990). The origins and dynamics of production networks in Silicon Valley. *Working Paper Institute of Urban and Regional Development, University of California, Berkeley*, (516), 35.

Schank, J. F. (2005). *Options for reducing costs in the United Kingdom's future aircraft carrier (CVF) program* (p. 184). California: RAND Corporation.

Schauer, D. A. (2002). *The regional economic impact of Fort Bliss, Texas, 2002*. El Paso, TX: Institute for Policy and Economic Development, University of Texas at El Paso.

Schmidt, C., & Blackaby, F. (1987). *Peace, Defence and Economic Analysis*. IRA&SIPRI, The Macmillan Press LTD.

Scitovsky, T. (1954). Two Concepts of External Economies. *Journal of Political Economy*, *62*(2), 143-151.

Scott, A. J., & Storper, M. (1991). Le développement régional reconsidéré. *Espaces et Sociétés*, (66-67), 7-37.

Serfati, C. (2001). Les systèmes militaro-industriels à l'ère de la mondialisation.

Sharp, G. (1995). *La Guerre civilisée : la défense par actions civiles*. Grenoble: Presses universitaires de Grenoble.

Shin, M., & Ward, M. (1999). Lost in Space: Political Geography and the Defense-Growth Trade-Off. *The Journal of Conflict Resolution*, *43*(6), 793-817.

Short, J. (1981). Defence spending in the UK regions. *Regional Studies*, *15*(2), 101-110.

Short, J., Stone, T., & Greenwood, D. (1974). Military Installations and Local Economies, a Case Study: The Clyde Submarine Base. *Aberdeen studies in defence economics - Department of Political Economy*, *5*.

Silberstone, A. (1972). Economies of scale in theory and practice. *Economic Journal*, *82*(325), 369-391.

SIMMAD. (2011). *Rapport du Conseil de Gestion 2011 de la Structure Intégrée du Maintien en condition opérationnelle des Matériels Aéronautiques du ministère de la Défense (SIMMAD) pour l'année 2010*. Ministère de la Défense.

SIMMT. (2009). *Rapport d'activité pour l'année 2009*. Ministère de la Défense.

SIMMT. (2010). *Rapport d'activité pour l'année 2010*. Ministère de la Défense.

Sirkin, G. (1959). The Theory of the Regional Economic Base. *The Review of Economics and Statistics*, *41*(4), 426-429.

Smith, A. (1776). *Recherche sur la nature et les causes de la richesse des nations, Livres I et II*. Economica.

Smith, R. P. (1980). The Demand for Military Expenditure. *The Economic Journal*, *90*(360), 811-820.

Smith, R. P. (1985). The significance of defence expenditure in the US and UK national économies. *Built Environment*, *11*, 163-170.

Soboyejo, W. (2006). *Advanced Structural Materials: Properties, Design Optimization, and Applications*. CRC Press Inc.

Soden, D. . (2005). Military installations in regional economies: the impact of three bases in the Paso del Norte Region. *Applied Research in Economic Development*, *2*(2), 65-83.

Soppelsa, J. (1980). *Geographie des armements.* Paris: Masson.

Soria Sanchez, V. P. (1986). Puentes, caminos, rios : fronteras como armas defensivas en extremadura. *Gladius*, *17*, 156-183.

Soule, P. (1998). La réduction des coûts : une préoccupation constante. *Armées d'Aujourd'hui*, (228), 46-47.

Sous-Préfecture de Brest. (2002). *Bilan des restructurations de la défense sur le bassin de Brest 1996-2002* (Document interne).

Sternberg, R., & Tamasi, C. (1999). Munich as Germany's N°1 High Technology region: empirical evidence, theoretical explanations and the role if small firm/large firm relationships. *Regional Studies*, *33*(4), 367-377.

Steuer, G. (2011). La DGA prépare l'avenir du Rafale. *Air&Cosmos*, (2269), 10-15.

Steuer, G. (2012a). Mirage 2000 : l'avion de la transition. *Air&Cosmos*, (2309), 26-28.

Steuer, G. (2012b). L'Alat poursuit sa mutation. *Air&Cosmos*, (2316), 14-20.

Steuer, G. (2012c). La Cour des Comptes épingle la LPM. *Air&Cosmos*, (2322), 62-63.

Steuer, G., & Cosmao, C. (2009). Nouvelles missions pour les Awacs français. *Air&Cosmos*, (N°2172), 12-15.

Struys, W. (2004). The future of the defence firm in small and medium countries. *Defence and Peace Economics*, *15*(6), 551-564.

Sun Tzu. (2000). *L'art de la guerre* (Hachette littératures - traduit du Chinois par Jean Levi,.).

Tanguy, J. M. (2010a). Thalès prépare la rénovation de l'ATL2. *Air&Cosmos*, (2238), 18.

Tanguy, J. M. (2010b). Nouvel Audit pour le parc d'hélicoptères. *Air&Cosmos*, (2243), 32-33.

Tanguy, J. M. (2010c). L'Alat prépare l'arrivée du NH90 TTH. *Air&Cosmos*, (2207), 36.

Tassinari, R. (1981). *La maîtrise des coûts industriels*. Les éditions d'organisation.

Teissier, G. (2012). *Rapport N°254 au nom de la commission des affaires étrangères sur le projet de loi de finances pour 2013 (n°235), Tome IV, Défense* (No. 254) (p. 59). Assemblée Nationale.

Teissier, Guy. (2011). *Compte rendu N°45 de la commission de la défense nationale et des forces armées, Présidée Guy Teissier* (No. 45). Assemblée Nationale.

Thanner, M., & Segal, M. W. (2008). When military leaves and places change. *Armed Forces and Society*, *34*(4), 662-681.

Theil, H. (1967). *Economics and information theory*. Amsterdam: North-Holland Publishing Company.

Thisse, J. F. (1997). L'oubli de l'espace dans la pensée économique. *Régions et Développement*, (6), 1-29.

Thisse, J.-F., Button, K. J., & Nijkamp, P. (1996). *Location Theory*. Edward Elgar Publishing Ltd.

Timotéo, J. (2008). L'impact économique du Centre national d'aguerrissement en montagne de Barcelonnette. *Rapport d'étude - Insee Paca*, (24).

Timotéo, J. (2009). L'impact économique du Centre national d'aguerrissement en montagne de Briançon. *Rapport d'étude -Insee Paca*, (25).

Todd, D. (1980). The defence sector in regional development. *Area*, *12*, 115-121.

Trucy, F., Masseret, J.-P., & Guéné, C. (2009). *Rapport N°548 relatif à la programmation militaire pour les années 2009 à 2014 et portant sur diverses dispositions concernant la défense* (No. 548). Sénat.

U.S. Congress, Office of Technology. (1992). *Assessment, After the Cold War: Living With Lower Defense Spending* (No. OTA-ITE-524). Washington, DC: U.S. Government Printing Office.

Udis, B. (1973). *The Economic consequences of reduced military spending*. Lexington, Mass.: Lexington Books.

UIMM Aquitaine. (2007). Les composites dans l'aéronautique. *Du métal au Composite - Janvier 2007*, (1), 2.

Vinçon, S. (2001). *Rapport N°90 au nom de la commission des Affaires étrangères, de la défense et des forces armées (1) sur le projet de loi de finances pour 2002, Tome VI, Défense-Forces terrestres* (p. 84). Sénat.

Vinçon, S. (2002a). *Rapport N°350 au nom de la commission des Affaires étrangères, de la défense et des forces armées (1) sur la situation et les perspectives des forces aéromobiles de l'armée de Terre* (No. 350). Sénat.

Vinçon, S. (2002b). *Rapport N°71 au nom de la commission des Affaires étrangères, de la défense et des forces armées (1) sur le projet de loi de finances pour 2003, Tome VI, Défense-Forces terrestres*. Sénat.

Viollet, J.-C. (2011). *Rapport N°3809 au nom de la commission de la défense nationale et des forces armées sur le projet de loi de finances pour 2012 (N°3775)* (No. 3809). Assemblée Nationale.

Voisin, A. (1999). Lancement d'un groupe de travail sur le poids de la défense dans les économies régionales. *Ecodef*, *Mai 1999*(3), 7.

Vollet, D., & Dion, Y. (2001). Les apports potentiels des modèles de la base économique pour guider la décision publique = Possibilities of use economic base models for help public decision. *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, (2), 179-196.

Vollet, D., & Roussel, V. (2007). Les retraités : quel impact socio-économique sur les territoires ? Illustration à partir de la zone de Bourganeuf dans la Creuse. *Régions et Développement*, (26), 207-223.

W.T. (2010). First composite repairs for nuclear submarine sea tubes. *Warship Technology*, *October 2010*, 52-54.

Wackermann, G. (1996). *L'aménagement du territoire francais hier et demain.* Paris: Sedes.

Warf, B. (1997). The geopolitics/geoeconomics of military base closures in the USA. *Political Geography Political Geography*, *16*(7), 541-563.

Warf, B., & Cox, J. C. (1989). Military Prime Contracts and Taxes in the New York Metropolitan Region: A Short-Run Analysis1. *Regional Studies*, *23*(3), 240-251.

Weiss, S. J., & Gooding, E. C. (1968). Estimation of Differential Employment Multipliers in a Small Regional Economy. *Land Economics*, *44*(2), 235-244.

Wells, P. (1987). The military scientific infrastructure and regional development. *Environment and planning A*, *19*(12), 1631-1658.

Wells, P. E. (1990). Military spending and local economic dependency: The need for new alternative plans. *Local Economy*, *5*(2), 147-153.

Weston, D., & Gummet, P. (1987). The economic impact of military R&D. Hypotheses, evidences and verification. *Defense Analysis*, *3*(1), 63-76.

Willett, S. (1990). Conversion Policy in the UK. *Cambridge Journal of Economics*, *14*(4), 469-482.

Wilson, J. H., & Raymond, R. (1973). The economic impact of a university upon the local community. *The Annals of Regional Science*, *7*(2), 130-142.

Wise, M. J. (1949). On the Evolution of the Jewellery and Gun Quarters in Birmingham. *Transactions and Papers (Institute of British Geographers)*, *1949*(15), 59-72.

Wise, R., & Baumgartner, P. (1999). Go Downstream: The New Profit Imperative in Manufacturing. *Harvard Business Review*, *77*(5), 133-141.

Annexes

Annexe 1 : Résumé des principaux modèles concernant l'évaluation des activités de défense en économie régionale

Framework and selected papers	Strengths	Weaknesses	Principal Requirements
Input-Output Models			
Asteris et al. 2007; Bishop et al. 2000; Catin and Nicolini 2005; Fas 1999; Grainger et al. 2007; Hughes, Holland, and Wandschneider 1991; Isard and Langford 1969; Leontief et al. 1965; Warf and Cox 1989	- Divided view of the regional economy - Pervasiveness in economic literature - Precise identification of economic sectors that drive the results	- Has difficulties taking into account changes in technology (technology matrix) - Building the regional table is time-consuming - If the model is employed when a regional table does not exist, sensitive assumptions are often needed to build a regional table. - High cost to update the table	- Access to regional tables, either to be generated or taking what is already available - If generating a new table, consistent accounting between districts is necessary, although this may not be available.
Economic Base Models			
Billings 1970; Boncoeur and Tanguy 1997; Catin and Nicolini 2005; Erickson 1977; Hansen and Tiebout 1963; Laganier and Gastaud 1996; Le Nouail, De Penanros, and Sauvin 1995; Sasaki 1963; Tiebout 1963;	- Low in cost - Well-regarded in the literature - Likely more applicable in smaller and more specialized economies	- The model needs conventions or rules, since the way the modeler defines base and nonbase activities is often subjective. - The distinction between base and nonbase activities is often difficult to make in modern economies.	- Assessing a small, well-defined area, particularly on variables such as employment and income - Focusing on income if data exist; if not, employment is the default fallback option

Weiss and Gooding 1968			
Regional Multipliers Models Aben 1981b; Bishop 1992; Greenwood and Short 1973; Rioux and Schofield 1990; Short, Stone, and Greenwood 1974	- Multiplier framework allows the estimation of the broader impact of defense expenditure - Relatively easier way to compute full employment impacts	- The estimation of the basic parameters in the model often requires econometric investigation.	- Calculating marginal propensities to consume and other such parameters may be complicated. In practice, the "average propensity to import" is more commonly estimated. - Appropriate regional accounting methods are necessary to compute the marginal propensity to import, among other parameters.
Econometric Models Burton and Dyckman 1965; Glickman 1971; Klein and Glickman 1977; Mehay and Solnick; 1990; Nicolini 2003; Rowley and Stenberg 1993	- Flexible with the outcome variable of interest, such as crime and educational outcomes	- Typically used only for ex-post analysis	- An assortment of data requirements necessary to estimate the model - Econometrics may not be the easiest subject to explain to a policymaker, hence, partnerships with research institutes and universities may be necessary.
Monograph/Case study **(Selection of papers or books)** Belanger 1990; Bradshaw 1999; Breheny 1988; Dardia et al. 1996; De Penanros 1995; Lovering 1985, 1988, 1991; Lynch 1970; MacKinnon 1978; Markusen 1984; Paukert and	- Qualitative view of problems and changes often hidden by more formal models - Could be taken as a preliminary step toward a more formal assessment (e.g., with another model, such as an EBM or IOM, or using econometrics)	- Idiosyncratic - Can deemphasize generalized effects and concentrate too much on the specific case without general applicability	- Making many interviews in various places for an in-depth view of the problem - Good knowledge of the region at the beginning of the study (in order to avoid the waste of finances) - Illustrating the case study with data about employment or income (e.g., share of defense-

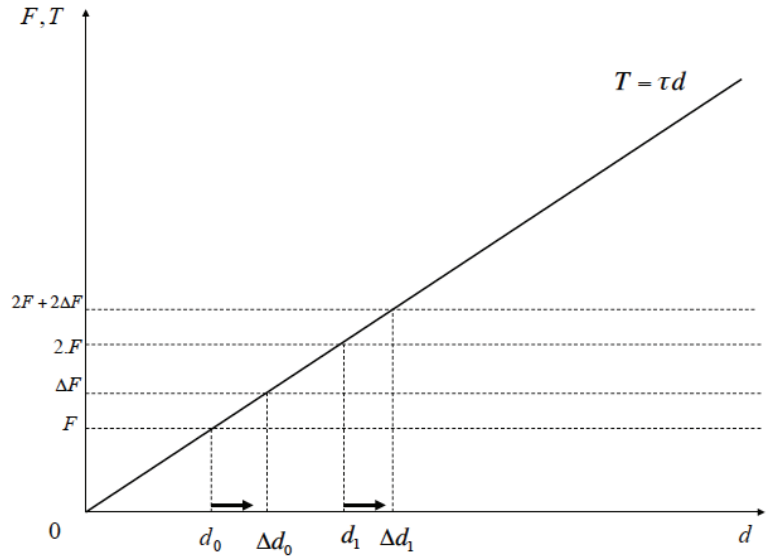
Richards 1991; Schneider and Patton 1988; Soden et al. 2005	- Allows the identification of key institutions and individuals	dependent employment, nature of firm activities in the region)

Source : Droff et Paloyo (2013)

Annexe 2 : Variation des paramètres de base du modèle

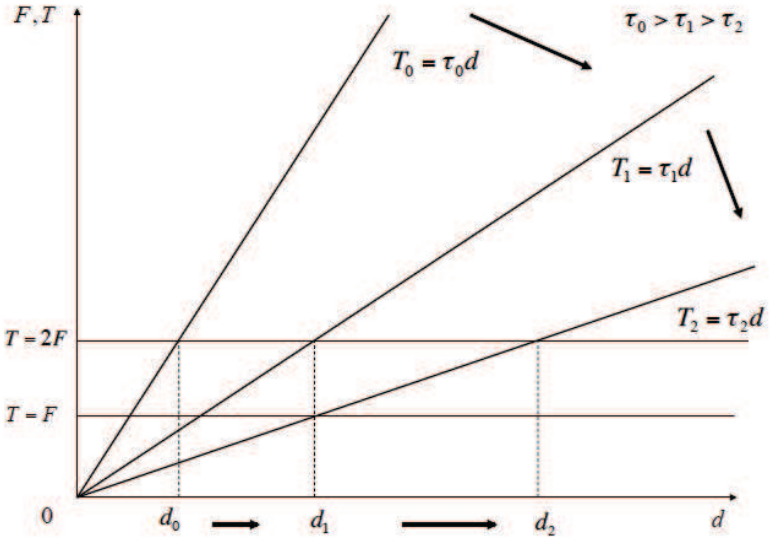
Lorsque F augmente, la distance d'arbitrage augmente. Toutes choses égales par ailleurs, un coût d'implantation des infrastructures plus élevé accroît la région de rayonnement d'un centre.

Figure 88 Variation de la dotation budgétaire et distance d'arbitrage



Lorsque τ se réduit, la distance d'arbitrage augmente. Toutes choses égales par ailleurs, des coûts de transport faibles augmentent la région de rayonnement d'un centre.

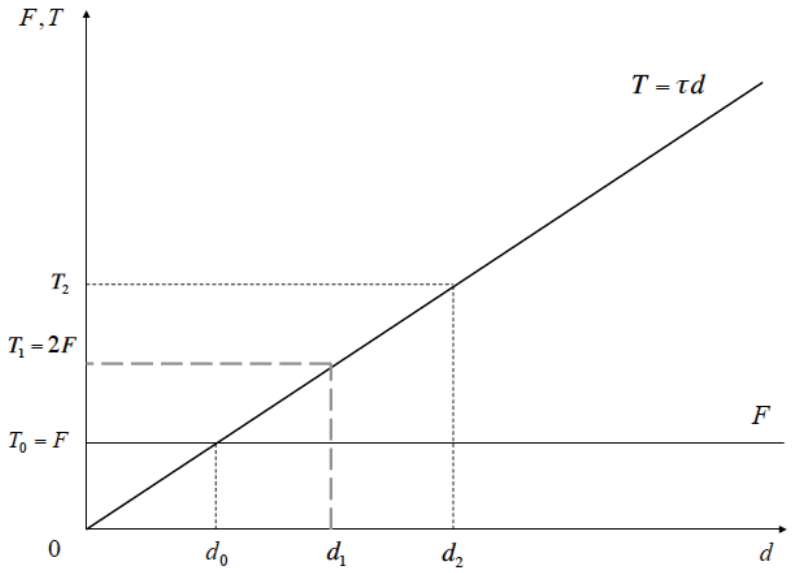
Figure 89 Variation du coût de transport et distance d'arbitrage



Annexe 3 : Mécanisme de base de l'arbitrage entre coût fixe et coût de transport

Reprenons le graphique présenté dans la section 1 du chapitre IV (que nous reproduisons intentionnellement ci-dessous) :

Le « centre de maintenance » et son espace de desserte



Quand sera-t-il économiquement intéressant d'implanter un second centre ? Si en d_1, $T_1 = 2F$, cela signifie qu'il est économiquement équivalent, sur la base des paramètres retenus, d'avoir un centre localisé en 0 et desservant l'espace considéré ou d'avoir deux centres. d_1 est un point d'arbitrage entre délivrer à un coût de transport plus important ou assumer le fonctionnement d'un nouveau centre.

À partir de d_1, il est économiquement équivalent, de desservir à partir du centre localisé en 0 ou à partir d'un autre centre, localisé en d_1. Le centre 0 desservira alors l'espace $[0, d_0]$ et le symétrique de l'autre côté de l'origine. La partie de l'espace $[d_0, d_2]$ sera desservie par le « nouveau centre de maintenance », (le centre 1). En implantant un autre centre, le décideur public supporte le coût de deux infrastructures, mais il économise sur les coûts de transport. Au-delà d'une certaine distance, délivrer le service de maintenance devient si coûteux que l'implantation d'un autre centre de maintenance devient préférable.

Annexe 4 : Liste des personnes rencontrées en entretien

ARZEL Alain, chef de projet Frégates et Avisos – DCNS, le 01/12/12

AUGUSTIN Vincent – Directeur adjoint de la DRSID de Brest, le 20/12/10

BALMITGERE Dominique - Contre- Amiral – Adjoint territorial au préfet maritime (CECMED), le 26/05/10

BARON Gilbert – DIRRECT (ex DRIRE), le 08/09/10

BAVEREZ François – ICETA- Sous-directeur Plans Méthodes (SSF de Brest), le 06/01/11

BERNARD-CATINAT Luc – (ex responsable du syndicat de l'UIMM), 12/05/10

BERNEZ François – BMO – Economie, les 07/03/10 et 01/04/10

BIGOT Alain (Commissaire Colonel) – CPCS, le 28/02/10

BROUSTAIL Yvon – Sous-Préfecture de Brest, le 15/06/10

CHARBONNIER Laurent – responsable du pôle études économiques à la CCI de Brest

COSMO Christian – Capitaine de Corvette – Responsable du MCO – BAN de Landivisiau, le 08/02/11

CROS Bernard – Historien, ancien ingénieur des travaux maritimes, le 27/05/2010

DU CHE Contre-Amiral – Adjoint territorial au préfet maritime (CECLANT) - Préfecture Maritime de Brest et Base de Défense de Brest, le 28/10/10

ESPONDA Marc – Agence d'urbanisme de Toulon (Audat), le 26/05/2010

FAUVEL Didier (Amiral) – Ex sous-directeur à DCSSF, le 16/02/12

FOURRE Grégoire, Commissaire en Chef de 2ème classe, Chef de l'antenne BAN Landivisiau du GSBDD de Brest, le 25/01/11

GRANDJEAN Hervé –SSF de Brest, ancien Ingénieur Responsable Bâtiment (IRB) des frégates anti sous-marines type F70 (IRB F70), le 06/01/11

GROSSI Jacques – Ancien Directeur central de DCN et ancien président du CA de l'ENSTA Bretagne (ex Ensieta), le 30/04/10

GUEGUEN Ségolène, Responsable du programme Natura 2000 à la Communauté de Commune de Crozon, le 16/06/10

GULIELMO Morgane, Officier de 2ème Classe, Chef du service administration finances, antenne BAN Landivisiau du GSBDD de Brest, le 25/01/11

HADOU Patrick – IGA à l'A.I.A de Cuers-Pierrefeu, le 20/04/10

HEON Commissaire en Chef de la marine – GSBDD de Brest-Lorient, le 22/12/10

HOURTOULLE Jean-Marc, Capitaine de Frégate, Chef du Service Logistique de la Marine (SLM) à Brest, le 02/02/11

HURET Fabrice – élu de Brest Métropole Océane (Economie), le 09/06/10

JEZEQUEL Eric, IGETA, SMCO, DGA, le 18/04/12

KERVERN Anne-Marie – élu de Brest Métropole Océane (Culture), le 20/03/2010

LABBEY Marc – élu de Brest Métropole Océane (Enseignement supérieur et recherche), le 09/12/10

LACROIX Jean-Hervé – Conseiller industrie à la CCI de Brest

LAMY Jean Philipe – BMO (Urbanisme), le 18/11/10

LAPLANE Fréderic, Colonel de l'Armée de l'air, Colonel Adjoint SIMMAD

LAURENT Christian – Directeur du site industriel de DCNS Brest, le 11/03/11

LAURENT Christophe, Commandant, Chef de cabinet du général directeur central de la SIMMT, le 03/04/12

LE BAIL Alain – Ingénieur chez DCNS

LE BOT Bernard – Chef du bureau des marchés de l'ESID de Brest (ex DRSID), le 21/01/11

LE BOUCQ de RUPILLY Michel, Capitaine de Frégate, Chef du bureau Contrôle de gestion, SIMMAD/Département Pilotage

LE COUEDIC Daniel, Historien et architecte, Institut de géoarchitecture de Brest, le 25/02/10

LECOMTE Pierre, Colonel, SMITer (entretien téléphonique)

MARCHAND Jean-François (Capitaine de Frégate), responsable du soutien commun au GSBDD de Brest, le 16/02/11

MICHEL Philippe, Capitaine de Vaisseau, sous-directeur plan méthode à DCSSF, le 09/01/12

MONNERIE Gilles – trésorier Payeur Général (TPG) du Finistère, le 03/12/10

MORVAN Michel – Brest Métropole Océane, le 06/05/10

MOURA Sylvain – Observatoire Economique de la Défense (OED)

OMNES Daniel - l'ingénieur principal des E.T.T.M, Chef du service achat d'infrastructures à l'ESID de Brest (ex DRSID), le 09/02/11 et le 24/02/11

ORSATTI Franck – Université de Toulon Var (UTV), le 01/07/10

PARCINEAU Sylvie – Chambre de Commerce et d'Industrie du Var (CCI), le 25/05/2010

PENANROS Tristan (de) – Brest Métropole Océane – Mission Prospective, le 25/02/10

PENANROS Roland (de) – UBO – Chercheur en économie de la défense et de la paix

PERRIN Michel – Groupe Piriou - Directeur Projets, le 30/03/11

PUYHABILIER – ICA – Directeur du SSF de Brest, le 15/12/10

RIVOAL François - Agence d'urbanisme de Brest (Adeupa), le 23/04/10

ROY Bruno – DGA – « Mission Qualité » (entretien téléphonique)

SILVESTRINI – DRSID de Toulon, le 02/07/2010

TALARMIN René – UIEMM Brest, le 14/06/10

THIBAULT Frédéric, Attaché Principal, Chef du bureau domaine, SID (entretien téléphonique)

UGLIETTA Yves (TPM – Toulon Provence Méditerranée) – Fiscalité de la Communauté Urbaine, le 25/05/2010

VIDAL Laurence – Var Accueil Investisseurs, le 29/06/10

VIGNALS Guy (TPM), le 25/05/2010

VUILLERMET Etienne – Commissaire général GSBDD, le 22/12/10