STRATÉGIE ÉNERGÉTIQUE DE DÉFENSE

Rapport du groupe de travail énergie

2020

Ministère des Armées

Sommaire

Introduction 5

1. L'énergie au XXIe siècle : ressources mondialisées, transition énergétique et enjeux de défense 4
   1.1. Un contexte énergétique mondial en évolution et sous tensions 4
   1.2. Promouvoir une approche stratégique de la sécurité énergétique à l'échelle européenne . . . 10

2. Le Ministère des Armées face aux défis de la transition énergétique 14
   2.1. Identifier les spécificités de défense dans un contexte de renforcement du cadre normatif européen et national 14
   2.2. Maîtriser les consommations énergétiques 16
   2.3. De nouveaux types de risques à prendre en compte 19

3. Faire de l'énergie un atout opérationnel 21
   3.1. Une approche renouvelée des enjeux énergétiques 21
   3.2. Sécuriser l'énergie opérationnelle 24
   3.3. Minimiser l'empreinte énergétique pour gagner en performance opérationnelle et en résilience 29

4. Ajuster notre degré d'autonomie stratégique au juste besoin opérationnel 38
   4.1. Identifier et maîtriser les dépendances technologiques et industrielles 38
   4.2. Développer des coopérations stratégiques 39

5. Adapter la gouvernance énergie aux ambitions du ministère 45
   5.1. Niveau 1 : Un comité exécutif décisionnel 45
   5.2. Niveau 2 : Un comité ministériel unique en charge de l'énergie 45
   5.3. Niveau 3 : Quatre piliers thématiques aux responsabilités affirmées 45

Glossaire 48

Annexes 51
   Annexe 1 - Synthèse des recommandations 51
   Annexe 2 - Mandat du groupe de travail 56
   Annexe 3 - Liste des entretiens et visites réalisées 58
   Annexe 4 - La politique du carburant unique de l'OTAN 60
   Annexe 5 - Les biocarburants, vecteurs de décarbonations de la mobilité 61
   Annexe 6 - Vers un parc immobilier bas-carbone en 2025 63
   Annexe 7 - Eco-Camp 2025 66
   Annexe 8 - Gouvernance 68

Introduction

Le ministère des Armées est responsable d'assurer la supériorité de l'armée française sur ses adversaires aujourd'hui et demain, mais également d'assumer à sa mesure la conduite de la politique nationale de transition énergétique. Cette double exigence, qui a parfois été considérée comme inconciliable dans le passé, se révèle au contraire aujourd'hui comme un axe stratégique majeur et convergeant visant à garantir aux armées l'énergie nécessaire à un prix raisonnable afin de maintenir leur capacité d'action en toutes circonstances.

Alors que le contexte énergétique mondial est en profonde évolution et que l'on assiste à une compétition plus complexe et plus globale que dans le passé pour accéder aux ressources, la crise Covid-19 a mis en lumière l'extrême volatilité des marchés pétroliers ainsi que ses impacts négatifs sur la santé économique et la stabilité politique et sociale des États producteurs. La question de la sécurité des approvisionnements pétroliers est ainsi posée à plus long terme. Les tensions de nature à la fois géoéconomiques et géopolitiques qui ébranlent le marché pétrolier mondial confirment la nécessité d'explorer toutes les énergies de rupture (biocarburants, hybridation, hydrogène) afin de sortir de la mono dépendance au pétrole en matière de mobilité, aussi bien au niveau tactique que stratégique.

L'objectif premier de cette stratégie énergétique de défense consiste à faire de la transition énergétique un atout opérationnel afin d'être plus performant et de renforcer la résilience du ministère. Pour ce faire, il s'agira d'abord de rechercher l'efficience énergétique par l'emploi des nouvelles technologies de l'énergie et l'optimisation des consommations. Une connaissance fine des consommations énergétiques, liées à la fois à la mobilité et au stationnement, permettra d'anticiper les besoins futurs et d'en maîtriser la croissance. La réduction de l'empreinte carbone qui résultera de la mise en œuvre de ces actions traduira de manière concrète l'engagement du ministère des Armées dans la démarche nationale de transition énergétique.

La crise sanitaire de la Covid-19 a par ailleurs souligné les fragilités liées à nos dépendances technologiques et industrielles et rappelé la nécessité d'accélérer le renforcement de l'autonomie stratégique voulue dans la dernière revue stratégique. Ainsi, outre la réduction de l'empreinte carbone du ministère, le recours aux énergies alternatives combiné à l'accompagnement du développement de filières industrielles nationales ou européennes pourrait renforcer son autonomie énergétique. Cela implique une prise en compte de la dimension stratégique de l'énergie et une coordination des acteurs à l'échelle tant nationale qu'européenne. Des coopérations approfondies devront être engagées avec les partenaires européens et alliés afin de disposer des atouts indispensables au maintien de notre supériorité opérationnelle (collaboration dans les domaines juridiques, scientifiques, techniques ou universitaires notamment).

Enfin, cette stratégie ministérielle doit être pilotée par une gouvernance robuste et spécifique pour améliorer la circulation de l'information et la coordination des acteurs du ministère. Il s'agit en effet de répondre de manière transverse et cohérente aux nombreux enjeux du domaine énergétique et ainsi de permettre la mise en œuvre d'une politique énergétique globale. À cet effet, le ministère doit être configuré pour développer une parfaite connaissance des enjeux, des contraintes, des opportunités et des facteurs économiques liés à l'énergie au regard des évolutions du contexte géostratégique.

La thématique de l'énergie nucléaire comme énergie de propulsion ou de théâtre, n'a pas été traitée dans cette étude.

1. L'énergie au XXIe siècle : ressources mondialisées, transition énergétique et enjeux de défense

Le contexte énergétique mondial est en profonde évolution. L'accroissement et la complexification des tensions géopolitiques et géoéconomiques autour des ressources énergétiques et minérales font de la sécurité énergétique un enjeu essentiel de la politique des États. La forte volatilité des prix des matières premières, notamment du pétrole, accentue l'instabilité des régions productrices. Les rivalités entre puissances pour le contrôle des points stratégiques de transit (détroits, canaux) et l'accès aux zones de production contribuent à accroître les tensions et les conflits, renforçant la militarisation des espaces maritimes et des régions instables. La question de la maîtrise des ressources et de la sécurité des flux énergétiques se repose alors avec force dans le débat national[1]. Simultanément, la lutte contre le changement climatique et les enjeux liés à la transition énergétique complexifient le paysage énergétique. Le mix énergétique mondial se transforme avec l'électrification des usages et la numérisation. Le secteur des technologies dites «bas-carbone »[2] constitue un nouveau terrain de compétition économique, technologique et normatif. S'y exercent de nouveaux rapports de force : autour de l'accès aux métaux critiques, de la maîtrise des chaînes de valeur industrielles, de la définition et de la diffusion des normes, du stockage et du traitement des données...

Au regard de ces évolutions, il est nécessaire pour la France comme pour l'Union européenne (UE) d'élaborer une approche stratégique des enjeux d'autonomie stratégique, de souveraineté et de sécurité énergétique. Cela suppose de choisir l'origine des flux d'approvisionnement énergétiques et d'être capable de les sécuriser physiquement, d'anticiper le potentiel épuisement des ressources pétrolières conventionnelles et les crises qui pourraient en résulter, enfin de prendre conscience des nouvelles dépendances économiques et industrielles induites par la transition énergétique.

1.1. Un contexte énergétique mondial en évolution et sous tensions

1.1.1 Une économie durablement carbonée et énergivore

Tirée par la croissance démographique et économique des pays émergents, notamment en Asie, la consommation énergétique mondiale pourrait croître d'environ 30 % à horizon 2040. Cependant, selon l'Agence internationale de l'énergie (AIE), en 2020 le système énergétique mondial devrait connaître une baisse d'environ 6 % de la consommation énergétique mondiale à cause de l'épidémie Covid-19[3]. La consommation énergétique est en effet directement corrélée à la croissance économique, phénomène encore accentué par la mondialisation des dernières décennies, qui a engendré une augmentation des échanges et des flux à l'échelle de la planète (flux commerciaux, énergétiques, financiers, de données, de savoirs techniques et technologiques). L'utilisation de l'énergie liée aux modes de vies demeure un enjeu central pour le bon fonctionnement des sociétés industrialisées. L'approvisionnement en énergie conditionne alors bien souvent les possibilités de croissance des acteurs économiques, des États aux entreprises. Malgré le développement rapide des énergies renouvelables, les énergies fossiles devraient rester majoritaires, et représenter plus de 80 % du mix énergétique mondial à l'horizon 2040[4]. Le pétrole reste en effet déterminant pour les échanges économiques et représente 92 % de la consommation du secteur des transports à l'échelle mondiale.

Les gisements dits « conventionnels » de pétrole, ceux qui sont les plus accessibles et les moins coûteux à exploiter, ont déjà été découverts. Or les champs existants sont en diminution, de l'ordre de 3 à 4 millions de barils par jour, soit 4 % de la consommation mondiale, faisant craindre un pic de la production mondiale de carburant liquide autour de 2030 selon des études récentes[5]. La satisfaction de la demande mondiale est assurée par le recours croissant aux sources dites « non conventionnelles » (extraction de pétrole de

1 Discours du Président de la République sur la dissuasion du 7 février 2020.

2 En référence à la Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC) révisée en mars 2020.

3 Global Energy Review, Agence internationale de l'énergie, 30 avril 2020.

4 World Energy Outlook 2019, Agence internationale de l'énergie.

5 L'Union européenne risque de subir des contraintes fortes sur les approvisionnements pétroliers d'ici à 2030 Analyse prospective prudentielle, The Shift Project, 2020 ; World Energy Outlook 2019, Agence internationale de l'énergie ; Cabinet Rystad Energy ; IFP Énergies Nouvelles.

schistes, américains et canadiens, réserves arctiques), dont la rentabilité repose sur un prix suffisamment élevé du baril de pétrole (autour de 55$). La chute des prix due à la crise du coronavirus a toutefois mis en lumière la vulnérabilité de l'industrie des schistes aux fluctuations des marchés pétroliers, eux-mêmes particulièrement sensibles aux événements politico-économiques. Au regard de l'interdépendance des marchés pétro-gaziers et de la forte dépendance de l'innovation bas-carbone au prix du pétrole, des impacts durables de la crise sur les autres secteurs de l'énergie sont à prévoir.

Dans le contexte de transition énergétique, le gaz naturel – la moins émettrice des énergies fossiles – constitue une ressource fossile abondante et convoitée qui gagne en importance dans le mix mondial. Au cours de la dernière décennie, de nouveaux importateurs et exportateurs sont apparus, redessinant la géographie des échanges et contribuant à la mondialisation de marchés initialement régionaux. Au sein de l'UE, on assiste à une compétition accrue entre la Russie et les États-Unis pour remporter des parts sur le marché gazier européen. Les États-Unis, qui s'appuient sur la production de gaz de schistes, cherchent à s'affirmer comme l'un des tous premiers exportateurs mondiaux de gaz naturel liquéfié (GNL). La Russie, quant à elle, met en œuvre une politique énergétique destinée à diversifier ses débouchés et à équilibrer ses dépendances. Enfin, la Chine développe une stratégie d'investissements diversifiés, adossée au projet des « routes de la soie », dans les secteurs énergétiques européens, mais aussi asiatiques et africains.

1.1.2. Instabilité des zones de production et de transit

L'extrême volatilité des marchés pétroliers rend incertain l'évolution des prix sur le court-moyen terme et fragilise les investissements des majors du secteur (exploration, production), renforçant par-là renforcent l'instabilité économique et politique des États producteurs. Déjà traversées par de fortes tensions internes et soumises aux rivalités géopolitiques régionales, les grandes régions productrices d'hydrocarbures pourraient subir les effets cumulés de la crise sanitaire et économique et voir le déclin de leur production s'accélérer. Par conséquent, le resserrement de l'offre pétrolière mondiale devient une préoccupation pour les approvisionnements futurs des pays de l'UE[6].

Si l'Arabie Saoudite s'impose aujourd'hui comme un régulateur du marché pétrolier mondial et de ses prix, les tensions survenues dans le contexte de la crise Covid-19 entre la Russie, l'Arabie Saoudite et les États-Unis sur le partage de la production mondiale de pétrole contribuent à déstabiliser le marché pétrolier et à augmenter la volatilité des prix. Cette crise ne semble pas en mesure de compromettre le partenariat stratégique entre Riyad et Washington mais pourrait préjuger d'une reconfiguration des alliances pétrolières mondiales. La dégradation de la situation sécuritaire dans le golfe Arabo-Persique, région cruciale pour l'approvisionnement en hydrocarbures de la France et de l'UE, aurait des conséquences directes sur la sécurité énergétique de l'Europe comme de l'Asie.

Plus de 60 % des échanges mondiaux de pétrole se font par voie maritime et le marché du GNL, transitant lui aussi par voies maritimes, est en plein essor. Aussi la sécurisation des routes maritimes et des points névralgiques du transport maritime constitue-t-elle un enjeu stratégique. La majorité de ces flux transitent par les détroits suivants :

- Ormuz : principal point de passage du pétrole (21 millions de barils/jour, 1/3 du pétrole transporté par la mer annuellement, 20 % de la consommation mondiale), situé dans une région chroniquement instable et sous la menace de tensions régionales et mondiales croissantes ;

- Malacca : 2e point de passage mondial du pétrole (15.7 millions de barils/jour), au cœur des préoccupations stratégiques chinoises (1er consommateur mondial d'énergie), et situé dans une zone de militarisation croissante et d'atteintes à la liberté de navigation ;

- Bab-el-Mandeb / Canal de Suez : considérés respectivement comme les troisième et quatrième points les plus importants dans la circulation du pétrole (5.5 et 4.6 millions de barils/jour), menacés par la piraterie, le terrorisme ou les conflits armés (Yémen) ;

6 L'Europe est le 1er importateur de pétrole devant la Chine et les États-Unis, avec plus de 13 millions de barils/jours. Ses plus gros fournisseurs, à savoir la Russie et l'ensemble des pays d'ex-URSS (plus de 40 % du pétrole de l'UE), l'Algérie ou l'Angola (plus de 10 % des approvisionnements de l'UE) pourraient voir leur production décliner dans les années à venir.

- Canal du Mozambique : voie majeure de transport de marchandises (700 millions de tonnes/an, 30% de la production mondiale), des découvertes pétrolières et gazières offshore ont renforcé son importance stratégique.

Dans un contexte économique favorable à l'exploitation de ressources difficilement accessibles et coûteuses (non conventionnelles, *off-shore)*, les découvertes récentes de zones riches en hydrocarbures (Méditerranée orientale, canal du Mozambique, Arctique) pourraient à plus long terme modifier sensiblement la répartition des approvisionnements et des zones de production et de transit à sécuriser.

1.1.3. Transition énergétique et nouvelles dépendances stratégiques

Face aux effets du changement climatique (événements climatiques extrêmes, vulnérabilité des écosystèmes, déplacements de populations, etc.), les autorités politiques, poussées par les sociétés civiles, cherchent à promouvoir des sources d'énergie moins émettrices en gaz à effet de serre (GES) et renouvelables. La diversification du mix énergétique mondiale se caractérise par l'essor des énergies nouvelles renouvelables (EnR) et une forte croissance de la demande d'électricité, tirée par l'électrification des modes de vie : transports, numérique, communications, etc. Selon l'ADEME, Internet représentait ainsi, en 2018, le troisième plus gros consommateur mondial d'électricité, derrière la Chine et les États-Unis.

Les transitions énergétiques et numériques accélèrent le déplacement des dépendances vers de nouvelles sources d'énergies (renouvelables) et de stockage (batteries). Elles engendrent de nouvelles tensions sur d'autres types de ressources (terres rares[7], lithium, cobalt, etc.), indispensables à la fabrication des technologies bas-carbone et des équipements numériques (batteries, panneaux solaires, éoliennes et objets numériques, etc). Le quasi-monopole de la Chine sur les réserves mondiales de terres rares, leur transformation et la production de composants placent l'UE et le reste du monde en position de forte dépendance envers la Chine.

Vecteur de dépendance et enjeu de souveraineté, l'accès aux minerais stratégiques[8] est indispensable aux activités industrielles aussi bien dans le secteur énergétique que dans le secteur de la défense. L'augmentation des besoins de l'industrie de défense en minerais critiques soulève ainsi la question de la disponibilité et de la sécurisation de ceux-ci.

La sécurisation des approvisionnements peut reposer sur plusieurs volets distincts : la diversification des approvisionnements ou la constitution de stocks pour certaines de ces matières.

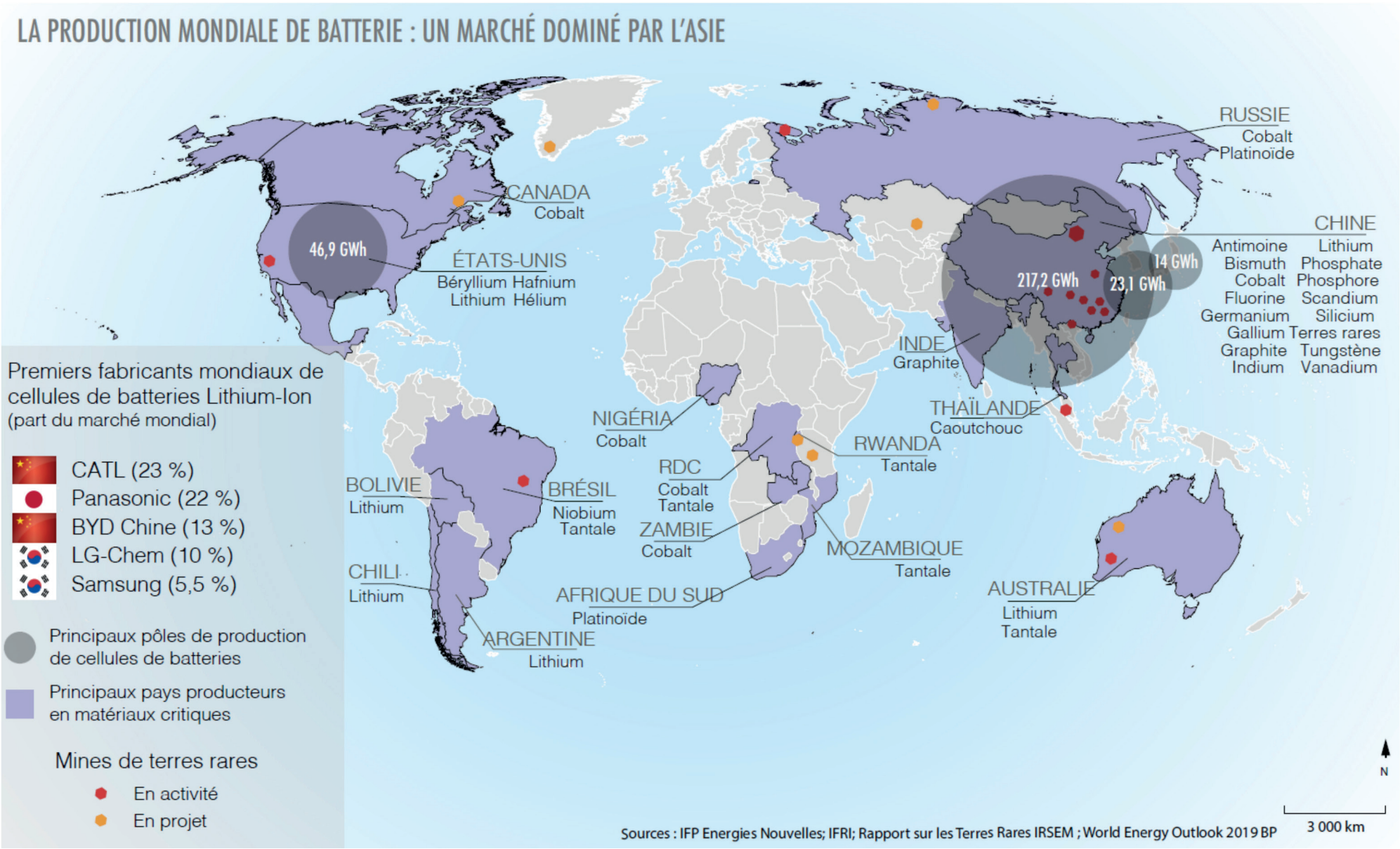
Le recyclage des métaux pourrait constituer, avec la substitution ou la réduction des quantités utilisées, une voie complémentaire pour réduire les vulnérabilités liées à la sécurisation des approvisionnements. Les flux et gisements de déchet du secteur défense pourraient contribuer aux filières industrielles de recyclage ciblées (batteries, aimants permanents, équipement électronique, réseaux...) et ainsi constituer des opportunités en matière de sécurisation des approvisionnements associés (terres rares, tantale, cuivre ...) mais aussi de valorisation d'autres ressources du territoire (tungstène, lithium, ...).

R1 - Cartographier les sources et filières dans le domaine des minerais stratégiques pour janvier 2021.

7 Le terme de « terres rares » est un nom collectif donné à un groupe de 15 à 17 éléments métalliques situés dans le tableau de classification périodique de Mendeleïev. Ces éléments chimiques ne sont en réalité pas rares, dans le sens où ils sont assez abondants dans la croûte terrestre, mais leur grande dispersion dans les minerais rend difficiles et coûteuses l'extraction et la séparation.

8 Pour l'industrie de défense une trentaine de métaux et terres rares ont une importance «stratégique» ou « critique ». La notion de criticité est liée à l'importance d'un métal dans la chaîne de production, à son niveau de rareté et à sa position géographique. Au regard de ces différents critères, sa dimension stratégique est variable dans le temps, selon les applications techniques qui en sont faites, les évolutions de l'offre et les tensions géopolitiques que peuvent connaître ponctuellement des pays producteurs.

LA PRODUCTION MONDIALE DE BATTERIE : UN MARCHÉ DOMINÉ PAR L'ASIE



Sources : IFP Energies Nouvelles; IFRI; Rapport sur les Terres Rares IRSEM ; World Energy Outlook 2019 BP

1.2. Promouvoir une approche stratégique de la sécurité énergétique à l'échelle européenne

1.2.1 Vers un renforcement des interdépendances européennes

L'approvisionnement énergétique de la France s'inscrit aujourd'hui dans un cadre européen, tant sur le plan normatif que matériel. L'interconnexion des réseaux de transport d'énergie engendre des interdépendances sectorielles qui sont des vecteurs à la fois de solidarité, de résilience et de vulnérabilités. Compétence partagée entre les États et l'Union, l'énergie fait l'objet depuis les années 1990 de politiques d'intégration européenne qui concernent les normes, les réseaux et les marchés. Depuis les années 2000, des politiques de transition liées à des objectifs environnementaux complètent ce dispositif. Elles visent à répondre aux trois objectifs de l'UE : sécurité d'approvisionnement, compétitivité et durabilité.

Comme tous les États de l'UE, la France a progressivement libéralisé le marché des hydrocarbures depuis les années 1980. La politique de libéralisation européenne a découplé les activités de production, de transport et de distribution, historiquement intégrées en France. Hormis une capacité à mobiliser ses stocks stratégiques de pétrole (90 jours de consommation en cas de crise) et de gaz (régulé par la Commission de Régulation de l'Énergie) en cas de crise, la France et l'UE s'en remettent au marché mondial pour assurer leur approvisionnement. Sur le plan technique, des normes communes européennes, élaborées par les gestionnaires de réseaux[9], visent à construire des mécanismes de coopération en cas de crise et à établir une vision commune des réseaux européens intégrés. Les choix politiques des autres États européens[10], particulièrement des États frontaliers, ont alors des conséquences sur les systèmes français, qu'il s'agisse du prix de l'énergie ou d'équilibrages saisonniers.

Dans le secteur électrique, les interdépendances sont croissantes. L'UE a pour objectif de développer un grand réseau européen intégré, permettant à chaque État d'échanger 15% de sa production d'électricité nationale avec ses voisins ; ceci afin de générer des économies d'échelle, de permettre une concurrence entre les sources d'énergie et de réguler l'écoulement d'électricité issue d'énergies renouvelables dont les volumes sont très variables.

1.2.2. La France face aux défis de sa sécurité énergétique

Évolution du mix énergétique français

La part des EnR doit être portée à 33 % du mix énergétique français à l'horizon 2030[11] (selon la loi 2019-1147 du 8 novembre relative à l'énergie et au climat et l'actualisation de la politique pluriannuelle de l'énergie[12]). Cependant, si l'on assiste à une baisse de la proportion des énergies carbonées, en particulier les produits pétroliers, celles-ci continueront à occuper une place importante dans le mix français.

À l'horizon 2040, l'électricité représentera près de 40% de la demande d'énergie finale française contre 25% aujourd'hui. La période 2020-2025 constitue donc une période charnière pour le système électrique français qui connaît une forte diversification de son mix d'énergies primaires : accélération du développement des EnR, fermeture de 5 gigawatt de capacité de production électrique[13], retard pris dans la mise en service du réacteur EPR de Flamanville, et enfin programme de visites décennales du parc nucléaire (58 réacteurs mis en service entre 1977 et 1992). Le développement des EnR ne devrait pas suffire à compenser les baisses de capacités prévues[14], accentuant ainsi les vulnérabilités du réseau électrique national auquel sont raccordées les infrastructures de la défense.

9 Sous contrôle du régulateur européen (ACER) et de la Commission.

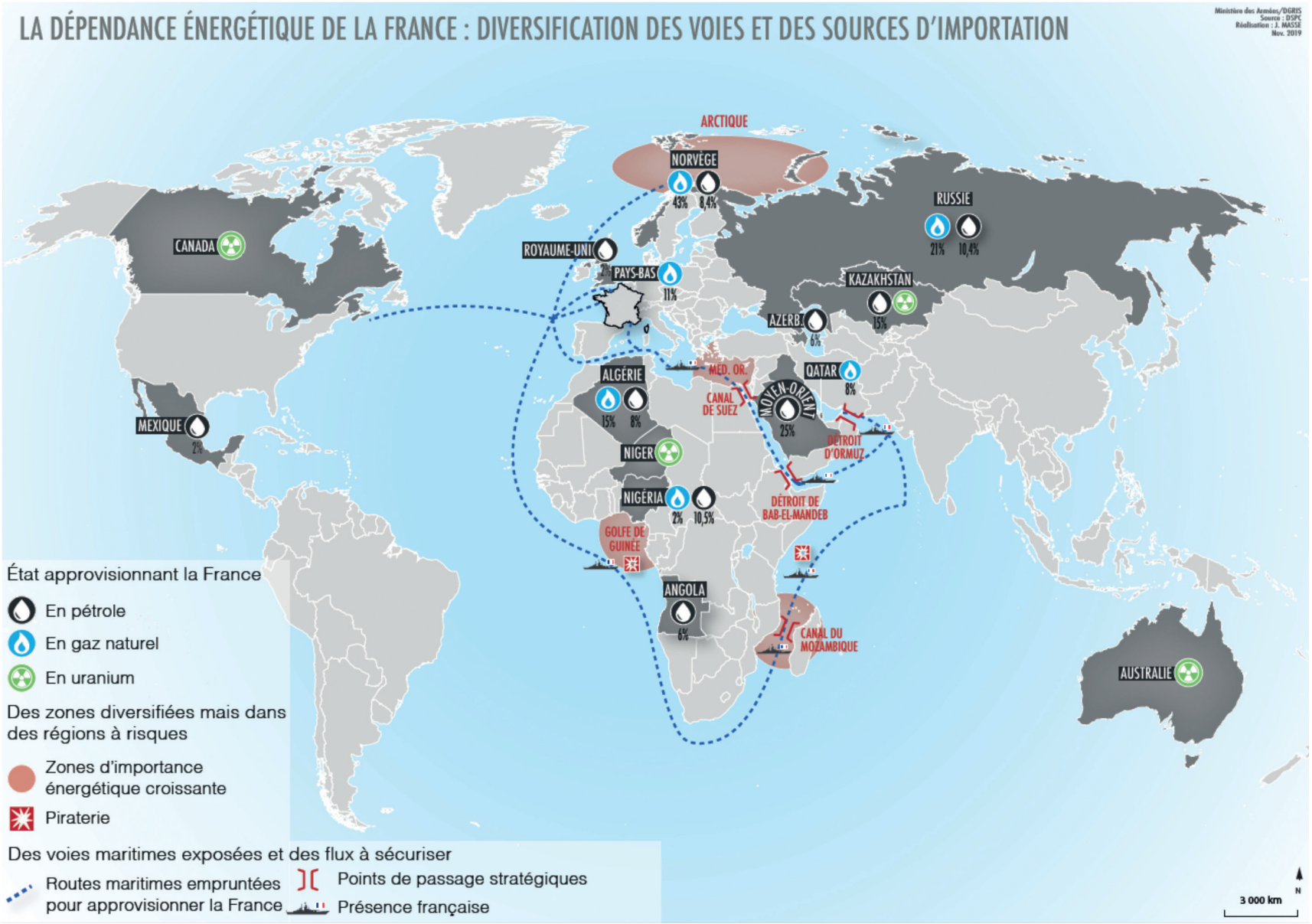
10 Arrêt du nucléaire en Allemagne, Brexit, volonté d'indépendance polonaise vis-à-vis de la Russie.

11 Les énergies fossiles représentent 70% du mix énergétique français en 2020 (45% pétrole, 20% gaz et 2,5% charbon). L'électricité représente quant à elle 24,3% de la consommation finale provenant pour 71% du nucléaire, pour 17,9% de sources d'énergies renouvelables (hydroélectrique : 10%, éolien : 4,4% et solaire : 1,7%) et 11,2% de centrales thermiques fossiles.

12 Décret 2020-456 du 21 avril 2020 relatif à la programmation pluriannuelle de l'énergie.

13 1,8 GW de nucléaire avec la fermeture de la centrale de Fessenheim et 3 GW des centrales au charbon de Saint Avold, Gardanne, Le Havre et Cordemais.

14 Source RTE 2019.


LA DÉPENDANCE ÉNERGÉTIQUE DE LA FRANCE : DIVERSIFICATION DES VOIES ET DES SOURCES D'IMPORTATION
Ministère des Armées/DGRIS
Source : DSPC
Réalisation : J. MASSÉ
Nov. 2019
ARCTIQUE
NORVÈGE
43%
8,4%
RUSSIE
21%
10,4%
CANADA
ROYAUME-UNI
2%
PAYS-BAS
11%
KAZAKHSTAN
15%
AZERB.
6%
MÉD. OR.
CANAL DE SUEZ
ALGÉRIE
15%
8%
QATAR
8%
MOYEN-ORIENT
25%
DÉTROIT D'ORMUZ
MEXIQUE
2%
NIGER
NIGÉRIA
2%
10,5%
DÉTROIT DE BAB-EL-MANDEB
GOLFE DE GUINÉE
ANGOLA
6%
CANAL DU MOZAMBIQUE
AUSTRALIE
État approvisionnant la France
En pétrole
En gaz naturel
En uranium
Des zones diversifiées mais dans des régions à risques
Zones d'importance énergétique croissante
Piraterie
Des voies maritimes exposées et des flux à sécuriser
Routes maritimes empruntées pour approvisionner la France
Points de passage stratégiques
Présence française
N
3 000 km

En matière de sûreté des infrastructures énergétiques, outre des problèmes de vétusté, les raffineries, infrastructures de stockage, terminaux pétroliers et gaziers, centrales thermiques et nucléaires ainsi que les réseaux électriques sont soumis à des risques physiques pluriels. Des menaces qui paraissaient encore anecdotiques il y a quelques années sont désormais devenues des sujets de portée stratégique majeure, comme le terrorisme ou les attaques cyber. D'autres menaces aujourd'hui émergentes pourraient connaître la même évolution comme par exemple des attaques coordonnées et massives de drones. En dépit de leur aspect spéculatif à ce jour en Europe, elles méritent d'être observées et prises en compte dans les réflexions actuelles, notamment parce qu'elles ont déjà été mises en œuvre à des échelles suffisamment grandes pour ne plus devoir être écartées (attaque du site d'Aramco en Arabie Saoudite le 14 septembre 2019).

Des approvisionnements énergétiques diversifiés

La France importe la majorité de son pétrole par voie maritime et dispose de sept raffineries réparties sur le territoire métropolitain et d'une aux Antilles. Aucun de ses fournisseurs ne l'approvisionne à plus de 15 % de sa consommation. En revanche, la capacité de raffinage française ne couvre que 70 % des besoins nationaux en 2017 (contre 93 % en 2008), avec un déficit particulier dans le domaine des gazoles et carburants aviation.

Dans le domaine gazier, les interdépendances avec le reste de l'UE sont fortes. La France importe autour de 40 % de son gaz de Norvège, 20 % de Russie, le reste provient d'Afrique du Nord et du golfe Persique. Cependant, si elle peut être parfois affectée par les tensions entre fournisseurs et pays de transit (conflit russo-ukrainien), la France dispose d'une certaine résilience face aux crises[15]. Elle dispose d'une grande capacité de stockage (26 % de sa consommation annuelle), elle bénéficie de la réforme du stockage du gaz de 2018 qui encourage les fournisseurs à acheter ces capacités, et conserve de fortes capacités d'importation de GNL par voie maritime (en provenance du Qatar, de Russie ou des États-Unis).

Pour le combustible nucléaire, la France consomme près de 9 000 tonnes d'uranium en provenance du Kazakhstan, d'Australie, du Niger et du Canada pour alimenter son parc de 58 réacteurs.

Une dépendance importante de la France et de l'UE à l'égard d'un tiers non européen pour la fourniture d'énergie ou de matériaux nécessaires à sa production doit être minimisée dans la mesure où elle constitue une source de vulnérabilité pour leur sécurité énergétique, leur souveraineté, leur autonomie d'action et de décision. La France et l'Europe doivent donc mettre en place ou consolider des stratégies de diversification assumées et volontaristes.

1.2.3. Le rôle des armées dans la sécurisation des flux énergétiques

La sécurisation des flux énergétiques et des routes maritimes, ainsi que des infrastructures énergétiques critiques (terminaux pétroliers, centrales électriques, etc.) fait l'objet d'une prise en compte permanente par les armées. Ainsi, par les missions qu'elles réalisent au titre des postures permanentes de sauvegarde et de sûreté, les armées contribuent à la réduction des risques et des menaces.

La multiplicité des enjeux et l'immensité des zones à couvrir impliquent une complémentarité des moyens : renseignement, surveillance (navires, satellites, radars, aéronefs, drones), connaissance du trafic mondial et opérations. La présence des forces de souveraineté (Djibouti, Abou Dhabi, Côte d'Ivoire, Gabon) et des forces de présence outre-mer participe à la prévention de crises ou d'actions malveillantes dans les zones de production ou à l'encontre des flux d'approvisionnements. En plus des points d'appui, des déploiements de moyens militaires permanents ou circonstanciels (Agénor, Pégase) contribuent à assurer la sécurité des approvisionnements énergétiques :

- la présence permanente d'une frégate en océan Indien et en Méditerranée, renforcée régulièrement par d'autres déploiements (groupe aéronaval, avions de patrouille maritime, groupe de guerre des mines…) s'inscrit entre autres dans cette logique de sécurisation des flux ;

15 La France a de grandes capacités de stockage souterrain. Combinée aux importations de GNL, ces capacités permettent de passer le pic hivernal.

- la présence permanente d'un bâtiment de type porte-hélicoptère amphibie (mission Corymbe) et d'un avion de surveillance maritime dans le golfe de Guinée accompagne une politique volontariste de coopération avec les marines riveraines, en s'appuyant sur le processus de Yaoundé ;

- la présence permanente de forces terrestres sur les îles éparses du canal du Mozambique (Europa et Juan de Nova) ;

- la mise en place de la mission européenne de surveillance maritime dans le détroit d'Ormuz (Agénor), tout en ne répondant pas prioritairement à l'objectif de sécurisation des flux énergétiques, contribue à la création d'un environnement de navigation plus sûr ;

- la démonstration par l'armée de l'Air de la capacité de projection rapide d'un dispositif aérien d'envergure (mission Pégase), significatif de notre puissance (plusieurs avions de combat ravitaillés, projetés jusque dans le Pacifique Sud), témoigne également de cette capacité des armées à produire cet effet de prévention, à des fins de protection des zones et flux.

Ces implantations et déploiements sont complétés par des partenariats avec les acteurs privés, à l'image de la mise en place d'une structure de coopération navale volontaire pilotée par le *MICA center*[16], conduite sous couvert de conventions entre la Marine nationale et les armateurs français pour des rapports de situation et l'échanges d'informations sécuritaires dans certaines zones à risques.

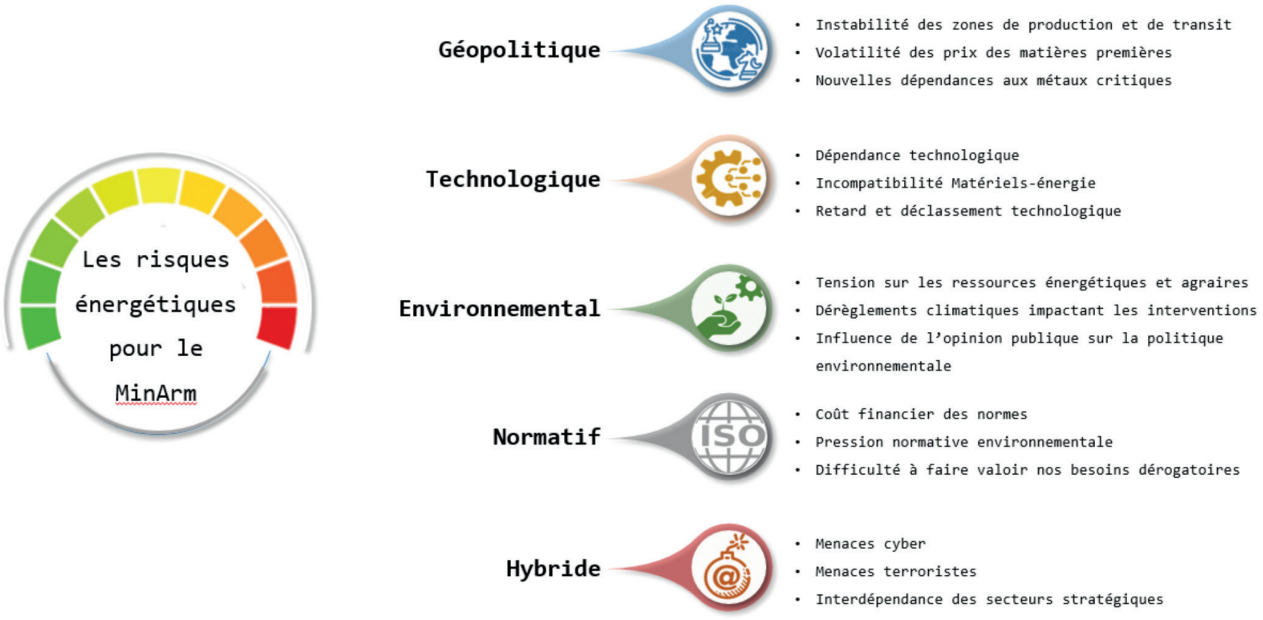
Enfin, en cas de crise, les forces armées peuvent participer à l'évacuation des expatriés des entreprises énergétiques françaises présentes dans des zones sensibles du globe.

R2 – Afin de sécuriser les flux, analyser les évolutions géostratégiques et leur impact sur le secteur de l'énergie et adapter le dispositif en conséquence.

16 Maritime information, cooperation and awareness.

2. Le ministère des Armées face aux défis de la transition énergétique

La prise de conscience internationale des menaces et des risques relatifs au changement climatique a engendré un mouvement irréversible des mentalités et des modes de consommation. La transition énergétique, qui s'accompagne d'une révolution numérique, et les innovations technologiques civiles qu'elle engendre s'imposent au domaine de la défense et génèrent des évolutions tant dans les équipements que dans les modes d'actions militaires. Ces évolutions sociétales, technologiques et réglementaires poussent les armées à effectuer un changement de mentalités et à s'engager dans un processus de rationalisation de la ressource énergétique. Les défis auxquels les armées doivent répondre sont nombreux et transverses. Ils sont à la fois réglementaires, technologiques, logistiques, comportementaux, et demandent un effort d'anticipation pour répondre aux nouvelles menaces (climatiques, cybernétiques, enjeu stratégique des données).



2.1. Identifier les spécificités de défense dans un contexte de renforcement du cadre normatif européen et national

Pour anticiper les évolutions du cadre normatif national et européen en matière d'environnement, le ministère des Armées devra caractériser ses spécificités au profit de sa performance opérationnelle et de sa résilience. Il lui faudra notamment veiller à ce que les technologies permettant de répondre à ces besoins restent accessibles et ne conduisent pas, à terme, à une remise en question sociétale de l'acceptabilité des missions des armées.

2.1.1. La lutte contre le changement climatique, moteur de l'évolution normative

La France et l'UE sont signataires de l'accord de Paris sur le climat (2015), lequel fixe un objectif de réduction des GES d'au moins 40 % d'ici à 2030 pour l'UE (par rapport aux niveaux de 1990). La loi énergie et climat[17] constitue la transposition nationale de ces dispositions. Elle vise notamment à diminuer la consommation d'énergie finale de 7 % en 2023, 20 % en 2030 et 50 % en 2050 par rapport à 2012, à augmenter la part du renouvelable à hauteur de 33 % du mix énergétique en 2030, à baisser la consommation d'énergie fossile de 40 % d'ici 2030, et à rénover le parc immobilier. La limitation des émissions de GES touche notamment les secteurs du bâtiment, des transports, des déchets et la production d'énergie.

17 N°2019-1147 du 8 novembre 2019.

En décembre 2019, le Conseil européen a approuvé l'objectif de neutralité carbone d'ici 2050 présenté par la Commission dans sa communication relative au « pacte vert européen » (« *Green Deal* »)[18]. Elle prévoit d'inclure des objectifs environnementaux et climatiques dans toutes les politiques sectorielles de l'UE. Les mesures d'accompagnement consacrées au financement de cet objectif devraient représenter une part non négligeable du cadre financier pluriannuel (2021-2027) en cours de négociation. La crise sanitaire actuelle du Covid-19 pourrait toutefois entraîner une révision de certains de ces objectifs.

La déclinaison du *Green Deal* dans la plupart des politiques européennes ainsi que la révision de la Stratégie Nationale Bas Carbone de mars 2020, publiée en avril, s'appliqueront en partie au ministère des Armées. Il renforce le champ sectoriel[19] couvert par le système d'échange de quotas d'émission ainsi que les objectifs chiffrés de réduction des émissions de GES, introduit la régulation dans de nouveaux secteurs tels que la production de batteries[20] et aura des incidences en termes de coût de l'énergie et de fiscalité.

Ce cadre normatif pourrait concerner certaines activités du ministère des Armées, dans les domaines des infrastructures, de ses équipements voire de ses opérations. Toutefois, lorsqu'elles sont dûment justifiées, le ministère est en mesure d'obtenir des exemptions ou des dérogations au droit commun. Il apparaît nécessaire de s'adapter, lorsque cela est possible, aux normes nationales, européennes et internationales. Une incompatibilité entre certains usages défense et les normes de droit commun peut se faire jour : la norme européenne sur les carburants EURO 6 est par exemple, incompatible des performances et de l'emploi opérationnel indispensables au matériel terrestre ; des restrictions d'accès à certaines zones maritimes (zones ECA pour *Emission Control Area*) ou certains ports pourraient également être imposées à certains bâtiments de la marine nationale ; la décarbonation des carburants pourrait s'avérer, à terme, impossible pour certains matériels militaires dont la durée de vie dépasse la durée de vie des équipements civils.

2.1.2. S'assurer de la prise en compte des enjeux de défense par le législateur européen

Dans les cas où l'application univoque et indifférenciée des règles européennes à l'énergie, à l'environnement ou au numérique pourrait présenter un risque pour la sécurité des approvisionnements, des infrastructures, des équipements militaires et des engagements opérationnels, il conviendra de veiller, au maintien des exemptions ou dérogations existantes[21] au profit des armées.

Pour mieux faire valoir ses intérêts et faire connaître les singularités de ses missions, le ministère doit conduire un important travail d'accompagnement auprès d'acteurs institutionnels, en interministériel mais également auprès des autorités européennes. Le maintien d'une activité de veille juridique est indispensable pour permettre au ministère des Armées d'intervenir suffisamment en amont pour orienter le contenu d'un texte normatif en cours de rédaction. Nécessairement actif, ce travail de veille doit permettre de conduire des missions d'influence ciblées et régulières auprès des acteurs chargés de concevoir les textes normatifs susceptibles de concerner le ministère des Armées.

Tout l'enjeu pour le ministère des Armées est d'évaluer les potentielles incidences des nouvelles réglementations environnementales adoptées, grâce à un échange régulier entre sa direction des affaires juridiques et son réseau d'experts des différents États-majors, directions et services dans des domaines variés (conduite des opérations, équipements, carburants, patrimoine, infrastructures). En amont de la négociation des textes, il s'agit de déterminer au cas par cas si compte tenu de leurs impératifs opérationnels, les armées seront en mesure d'appliquer les dispositions proposées. Le ministère devra également s'appuyer sur les industriels de la défense pour rechercher des technologies, produits ou formules de substitution nécessaires à court ou moyen terme.

Le réseau des directeurs des affaires juridiques des ministères de la défense européens pourra quant à lui évoquer les nouvelles initiatives législatives qui constitueront le « Pacte vert européen » et envisager des actions communes pour rappeler les intérêts et enjeux militaires.

---

18 Décision du Conseil européen des 12 et 13 décembre 2019.

19 Secteurs maritime, routier, de la construction.

20 Seul le recyclage des batteries fait l'objet d'une directive européenne (directive n°2006/66/CE). La conception des batteries, en revanche, ne fait pas encore l'objet de dispositions normatives européennes.

21 Il convient de distinguer l'exemption, du champ d'application d'un texte ou de l'un de ses chapitres, qui n'ont donc pas d'effet juridique sur l'ensemble des activités des armées, de la dérogation permettant la non application d'un ou plusieurs articles, sous certaines conditions.

De même, le réseau DEFNET (*Defence network*), composé d'experts juristes et ingénieurs de l'armement des ministères de la défense européens, peut constituer le cadre d'échange et d'actions d'influence sur le processus normatif européen. Regroupant la quasi-totalité des États membres de l'Union, ainsi que le Royaume-Uni et les États-Unis, il permet d'échanger sur les normes européennes liées à la défense, à l'environnement et à l'énergie. Le DEFNET est également partie prenante à la conférence européenne sur la défense et l'environnement, événement organisé tous les deux ans et qui réunit experts européens des questions liées à la défense et à l'environnement. La direction des affaires juridiques organisera cette conférence technique à Paris au printemps 2021 pour mieux faire connaître les enjeux liés au droit européen de l'environnement pour les armées et identifier de nouveaux relais d'influence.

R3 - Assurer une veille normative et réglementaire au sein du ministère pour identifier les textes nécessitant des adaptations nécessaires aux activités de défense.

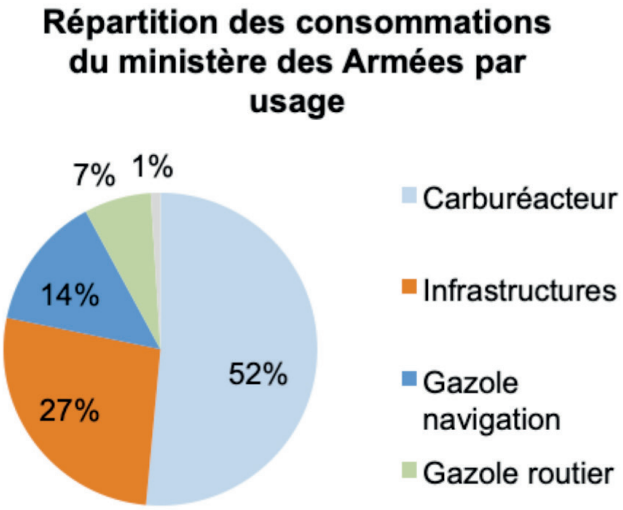
2.2. Maîtriser les consommations énergétiques

La consommation énergétique des armées n'a fait que croître depuis l'avènement des guerres modernes et les projections confirment la poursuite de cette tendance. L'arrivée de nouveaux systèmes énergivores se traduit par une augmentation des besoins en carburant pour les matériels terrestres (environ 30%) et une électro-dépendance croissante (Scorpion, A 400M et Rafale). Le besoin énergétique est source d'un coût financier et logistique à l'entraînement comme en opérations, et la dépendance énergétique associée à la vulnérabilité des lignes d'approvisionnement est génératrice de risques.

2.2.1. Répartitions des consommations du ministère des Armées

Pour l'année 2019, le ministère des Armées a consommé 835 000 m^3 de produits pétroliers pour un coût financier de 667 M€, et plus de 2,6 TWh[22] ont été délivrés aux infrastructures de la défense pour un coût de 222M€. Dans le secteur du bâtiment, les émissions annuelles de GES s'élèvent à 455 000 tonnes d'équivalent CO_2, soit 0,5% des émissions nationales.

La part consacrée à l'énergie de mobilité exigée pour les opérations est prépondérante avec près de 73% des consommations du ministère contre 27% pour l'énergie nécessaire aux infrastructures. S'agissant de la mobilité, le principal carburant consommé est le carburéacteur à usage aéronautique. L'aéronautique représente ainsi la moitié de la consommation de carburants et la marine près d'un quart, contre un cinquième pour le terrestre. La part du ministère des Armées représente 0,8% dans la consommation pétrolière nationale, dont 0,2% des carburants terrestres, 5% des gazoles de navigation et 7% du carburéacteur.



Hors carburants, le mix des énergies consommées par les infrastructures du ministère se compose essentiellement d'électricité (44%) et de gaz (41%), les 15% restants étant partagés entre le fioul (6%) la chaleur issue des Réseaux de chaleurs urbains (RCU), 4% et d'autres sources d'énergie telles que le charbon, le solaire thermique ou la biomasse. La prépondérance de l'électricité pour les infrastructures devrait encore s'amplifier avec une informatisation toujours plus énergivore (serveurs d'hébergement de données), le développement de la simulation et de nouveaux usages tels que l'électromobilité.

22 Représente la somme des consommations d'infrastructures, soit 1,1 TWh d'électricité, 1 TWh de gaz, 0,5 TWh d'autres sources (fioul, RCU, bois ...).

On constate néanmoins que la consommation totale du parc immobilier du ministère a baissé de plus de 20 % depuis 2010, s'établissant à 2,6 TWh d'énergie finale. Dans le même temps, les consommations en énergies fossiles et les émissions de GES associées ont été réduites de près de 30 %. Pour rejoindre l'objectif de la neutralité carbone en 2050, toutes les nouvelles opérations d'infrastructure sont désormais conçues à l'aune de leur performance et de la transition énergétique.

Au sein du ministère, l'énergie est délivrée et gérée par deux principaux opérateurs : le service des essences des armées (SEA) pour l'énergie de mobilité (carburants pour les vecteurs et pour la production électrique de secours ou en opérations) et le service d'infrastructure de la défense (SID) pour l'énergie d'infrastructure.

2.2.2. Mesurer, connaître, optimiser les consommations

L'élaboration d'une politique énergétique repose sur une connaissance préalable des consommations afin d'objectiver les gains en matière d'efficacité énergétique tant pour les systèmes que pour les bâtiments et la mobilité. L'indispensable maîtrise de l'énergie passe par plusieurs étapes successives et complémentaires : de la mesure précise des consommations par usages, leur analyse, et la mise en œuvre d'une stratégie d'amélioration et d'optimisation de la performance énergétique.

L'avènement du numérique laisse entrevoir de nouvelles perspectives d'optimisation de l'usage de l'énergie. Les capteurs et l'analyse algorithmique permettent un suivi fin et une gestion précise tandis que la modélisation et l'exploitation des données énergétiques offrent l'opportunité d'une analyse prédictive et donc d'une optimisation énergétique. Le ministère des Armées doit être en capacité d'évaluer ses besoins énergétiques futurs pour mieux les anticiper.

Maîtriser les flux énergétiques par une gestion active du bâtiment[23]

Le ministère développe depuis 2019, au sein du Labo-BI de la mission d'aide au pilotage (MAP), des outils d'analyses et de prédiction par le traitement de flux importants de données (*big-data*).

Dans le domaine de la gestion des données liées à l'énergie, la mission achat (Direction des affaires financières (DAF)) et les acheteurs énergie (SID) ont lancé DataNRJ360 dans le but de rationalisation et d'amélioration de la performance d'achat de l'électricité et du gaz, en modélisant des clusters d'acquisition, ou en simulant les pénalités selon des scénarii d'anomalies.

Un outil Data NRJ 360 rénové, aux fonctionnalités étendues, est appelé, d'ici fin 2023, à se substituer au module « Eau&Fluides » de l'outil de gestion technique du SID. Il offrira une gestion optimisée et une communication adaptée vers les formations utilisatrices et le commandement.

Pour cela, il s'agit de développer la captation et la mise à disposition de toutes les données disponibles (données issues des capteurs de comptages, de présence constatée et prévisionnelle, mais également données climatiques, d'efficacité énergétique des ouvrages…) afin de mettre en œuvre leur analyse croisée et disposer des dispositifs d'alerte.

R4 – Déployer avant la fin d'année 2021 un outil de mesure et d'analyse des consommations des flux énergétiques en vue de les optimiser pour l'ensemble du parc immobilier du ministère.

Mettre en œuvre une politique de sobriété numérique[24]

La sobriété numérique est un élément à la fois transverse et structurant du système d'information de l'État et des armées. Cette réflexion est centrale dans le contexte actuel de recherche d'une forme d'autonomie, d'une éthique accrue et du respect de l'environnement dans le domaine du numérique. Comme l'ensemble de l'État, le ministère des Armées s'est engagé à conduire une réflexion sur le sujet et cela afin de pouvoir encourager de bonnes pratiques. Intégrer l'aspect écologique à la démarche de transformation numérique du ministère des Armées ainsi qu'à l'existant informatique et numérique passe en priorité par des démarches sur les équipements, des démarches sur les services numériques et la création et la mise à jour d'indicateurs pour mesurer les impacts et les avancées.

23 Cf. Annexe 6 - Vers un parc immobilier bas-carbone en 2025.

24 20200622_NP_DGNUM-DG_229-Note-Greentech.

En termes écologique, des mesures même infimes, ont des répercussions tangibles sur le coût des *data centers*, leur consommation énergétique et l'empreinte énergétique et environnementale du ministère en général. L'attention majeure doit concerner en priorité les *data centers*. Ensuite, la mutualisation des *data centers* entre armées, directions et services complétée par l'emploi du *Cloud* de confiance/souverain de type C2 doit faire l'objet d'une attention particulière, cela afin de trouver le juste équilibre entre rationalisation des coûts et risque lié à une colocalisation en cas d'avarie ou d'incidents divers.

Le corollaire environnemental le plus connu s'agissant des *data centers* est la consommation électrique. Cette dernière est liée à la consommation des serveurs mais également aux différents systèmes de refroidissement et de ventilation notamment. De cette situation constatée depuis plusieurs années, découle la préoccupation de nombreux fournisseurs de parvenir à recycler ou transformer la chaleur créée par les salles de serveurs. L'idée globale étant de parvenir à limiter les impacts écologiques dans la mesure où les data center ne sont pas destinées à réduire numériquement parlant, bien au contraire. La problématique relative aux *data centers* concerne tout autant le tri initial des données – c'est-à-dire quelle donnée doit être stockée ou détruite et où doit-elle être hébergée – que l'écoconception du *data center* lui-même.

Si le *cloud* a longtemps été considéré comme une source majeure de pollution en raison de l'énergie dépensée par les *data centers* notamment, des solutions moins énergivores émergent à présent. En effet, plusieurs prestataires proposent des solutions de *cloud* et d'hébergement avec une empreinte écologique moindre. Dans le cadre de la stratégie *Cloud* du ministère des Armées, des clauses d'écoconception seront prescrites s'agissant du choix des *data-centers*.

R5 - Définir et mettre en œuvre, dès 2020, une politique de sobriété numérique :

1. Veiller à la prise en compte de l'empreinte environnementale dans le choix des solutions d'hébergement interne et externe pour le ministère des Armées ;

2. Les futures rénovations ou constructions de *data center* seront réalisées en intégrant la récupération systématique de la chaleur émise par les équipements ;

3. Encourager le développement informatique écologique tant en interne qu'en externe, en favorisant l'écoconception des logiciels et en introduisant ce critère dans les marchés afin d'influer sur les constructeurs et les éditeurs ;

4. Intégrer la dimension GreenTech à l'offre de formation de l'Académie du numérique et promouvoir cette dimension au sein du ministère.

Maîtriser le bilan énergétique des systèmes

Dans tous les milieux, la consommation énergétique des systèmes d'armes est en progression constante : mobilité accrue, électrification et automatisation des équipements, gestion et contrôle des systèmes, surveillance de l'environnement, systèmes d'information et de communication plus performants, armes et capteurs plus performants, sans oublier la nécessaire climatisation des systèmes de plus en plus automatisés voire des unités de stockage pour récupérer, stocker et valoriser les données. Le combattant lui-même s'équipe désormais de plus en plus de matériels énergivores (équipement félin : lunettes de vision nocturne, batteries félin, …) pour voir, tirer et communiquer de façon plus efficace. La généralisation à venir des drones et autres robots sur les théâtres d'opération accroîtra encore les besoins en énergie.

Les armées modernes font face désormais à la contraction de leurs effectifs. Aussi, elles s'engagent résolument dans une digitalisation d'envergure : robots, drones terrestres, navals ou aériens. En accompagnant le combattant sur les théâtres d'opération, les robots vont également révolutionner la logistique en déséquilibrant plus lourdement la nature des besoins en approvisionnements.

Afin de maîtriser le bilan énergétique des systèmes actuels et futurs et de vérifier l'atteinte et le maintien des objectifs fixés, il s'agit d'adapter la spécification des besoins énergétiques des plateformes et des équipements aux évolutions en cours. Les études envisagées à court terme, tel que le projet de technologies de défense GENOPTAIRE, doivent permettre de caractériser les indicateurs d'efficacité énergétique propres au domaine de la défense et de définir les données à récolter au vu des spécificités des missions militaires.

Le développement des systèmes de pilotage ou d'aide au pilotage type *smart grid* permettront également d'optimiser l'usage et le stockage de l'électricité, de mieux gérer le réseau électrique des plateformes et d'en réduire la consommation d'énergie primaire.

R6 - Lancer l'étude GENOPTAIRE fin 2020 pour adapter les méthodologies d'optimisation énergétique aux spécificités militaires avec une intégration dans les programmes pour les 3 milieux à partir de 2022.

Recourir davantage à la simulation en complément de l'entraînement des forces

Même si elle ne remplace pas l'activité indispensable d'entraînement des combattants en conditions réelles, la simulation d'entraînement dans des environnements virtuels ou en réalité augmentée vient en complément de la préparation opérationnelle des forces dans tous les milieux. L'utilisation de simulateurs de tir et de conduite, de vol ou d'opération des systèmes de combat s'est généralisée et permet, pour un bilan énergétique favorable, de densifier qualitativement l'entraînement afin de maintenir le niveau de performance requis.

Les solutions innovantes (simulation embarquée ou distribuée) en cours de mise en place au sein des forces répondent, au moins partiellement et en complément de l'exercice en situation réelle, au besoin d'entraînement, notamment dans le cadre du combat collaboratif qui tend à complexifier les situations opérationnelles (accroissement du trafic aérien, multiplication des vecteurs de combat, type et volume, complexification des environnements opérationnels). Ainsi le programme SCORPION prend en compte d'emblée un système de préparation opérationnelle (SPO) à base de simulation embarquée. Les entraîneurs tactiques, de moindre performance que les systèmes de simulation certifiés, contribuent à renforcer, selon leur niveau de réalisme, les capacités des forces au plan de l'apprentissage doctrinal et de l'entraînement collectif.

Il sera néanmoins essentiel de préserver la ressource énergétique nécessaire à l'entraînement des opérateurs (maintien de l'activité au niveau des standards en heures de vol par exemple), tout en densifiant qualitativement l'entraînement, pour permettre aux combattants d'atteindre et conserver un certain niveau de performance requis. Il conviendra de mettre en place des leviers efficaces et performants, et envisager par exemple de recourir à des outils simulant la mise en œuvre de systèmes autonomes et télé-opérés pour réaliser l'entraînement des opérateurs humains (Ex : le concept de « *Companion Trainer* », avion d'entraînement qui simule tous les vecteurs environnants non pilotés et les forces adverses.)

R7 - Accroître la part de simulation virtuelle dans l'entraînement, en complément de l'activité réelle, pour optimiser l'emploi des ressources énergétiques et accroître le niveau de réalisme, tout en maintenant le niveau de performance opérationnelle.

2.3. De nouveaux types de risques à prendre en compte

Les changements climatiques sont considérés comme des multiplicateurs de menaces. Ils impactent l'ensemble des secteurs et des activités humaines. Pour lutter contre l'aggravation des phénomènes climatiques, le développement des technologies bas-carbones favorise le recours au numérique, générant de nouveaux types de risques (cyber attaques, captation des données). La vulnérabilité des secteurs énergétiques, notamment électrique, à ces nouveaux risques et menaces est à prendre en compte par le ministère des Armées.

2.3.1. Se préparer aux impacts des changements climatiques sur les besoins et les systèmes énergétiques des armées

L'augmentation de l'intensité et la simultanéité des événements climatiques extrêmes créent des tensions autour de l'accès aux ressources naturelles, générant des instabilités géopolitiques et amplifiant la gravité des crises humanitaires et des migrations climatiques. On assiste à une mobilisation croissante des forces militaires en appui des forces de sécurité civile en métropole et dans les territoires d'outre-mer, par exemple l'opération menée aux Antilles suite à l'ouragan Irma.

Facteurs aggravants, les changements climatiques accroissent la vulnérabilité des infrastructures : ports militaires et leurs installations, bases aériennes, plateformes aéroportuaires civiles utilisées par les armées, les camps militaires terrestres, installations sensibles/critiques comme les dépôts de munitions ou d'essence, etc. En effet, les zones habituelles d'intervention ou les points d'appui peuvent se trouver en zones soumises aux aléas climatiques. Il s'agit donc de réévaluer la résilience de tous les points d'appui et à revoir les spécifications de certains matériels.

L'élévation des températures et les perturbations induites pèsent à la fois sur les activités opérationnelles et sur les consommations énergétiques (besoins croissants pour la régulation thermique des équipements et des hommes). À titre d'exemple, la source froide des installations des bâtiments de la marine nationale est la mer : son réchauffement diminue le rendement des échangeurs thermiques et conduit à une détérioration des performances des matériels de climatisation ou réfrigération. Les activités de défense devront nécessairement intégrer les impacts du changement climatique.

2.3.2. Évaluer les risques cyber et s'en protéger

Le secteur de l'énergie, tant pour ses infrastructures que pour sa logistique et ses télécommunications, constitue aujourd'hui une cible de choix pour les attaques cyber, à des fins de sabotage et/ou de renseignement, visant aussi bien le domaine militaire que le domaine civil. Par exemple, l'Ukraine a fait l'objet d'attaques régulières à des fins de sabotage (infrastructures critiques visées par un malware ayant provoqué un blackout à Kiev en 2016), et la chaîne logistique de carburant de la marine nationale a été ciblée en 2017. Les infrastructures et équipements mis en œuvre ou gérés au sein du ministère sont aujourd'hui au cœur de ce ciblage.

La gestion optimisée de l'énergie des infrastructures les expose aux cybermenaces du fait de leur numérisation, réalisée en particulier par la généralisation des capacités de mesures, de supervision et de pilotage à distance des équipements. Leur dépendance croissante à l'internet et aux systèmes de positionnement navigation-temps (PNT) tels que le GPS ou Galileo, l'interconnexion des réseaux informatiques du ministère et l'augmentation des échanges de données rendent plus complexe la défense de la fonction énergie dans le cyberespace. Les systèmes de suivi et de pilotage des flux d'énergie nécessitent des architectures techniques et cyber renforcées, un maintien en condition de sécurité et des capacités de fonctionnement en mode dégradé.

La chaîne de cyberdéfense participe régulièrement à des exercices sur cette thématique, avec des partenaires ou encore via le centre d'excellence OTAN de cyberdéfense de Tallinn. Le scénario de l'exercice « *Lockedshield 2018* » ciblait ainsi des réserves de carburant, afin de provoquer des dommages environnementaux.

Par ailleurs, le pilotage de ces systèmes informatiques d'infrastructure (S2I) doit s'insérer dans la gouvernance de l'ensemble des systèmes d'information au même titre que les SIOC, SIAG, SIST[25]. Les installations énergétiques doivent être traitées au même niveau que les autres systèmes du ministère, en particulier les systèmes d'arme, pour lesquels elles assurent des fonctions indispensables. Le respect des règles édictées par l'ANSSI et l'homologation des systèmes constituent une ligne de défense indispensable pour ces installations énergétiques.

R8 - Poursuivre les actions de cybersécurité au sein du ministère des Armées pour les systèmes numériques directement liés à l'énergie :

1. Cartographie, application des règles d'hygiène informatique et maintien de la mise sous supervision de sécurité des éléments les plus critiques ;

2. Accélération de l'approche de cybersécurité dans les projets de numérisation de l'énergie (*smartgrid*, etc.).

25 SIOC : systèmes d'information opérationnels et de communication ; SIST : systèmes d'information scientifiques et techniques ; SIAG : systèmes d'information, d'administration et de gestion.

2.3.3. Prendre en compte la dimension stratégique des données énergétiques

L'équilibrage des réseaux d'énergies par les gestionnaires, l'achat par les fournisseurs et l'amélioration de la performance énergétique reposent sur la récupération de données de comptage en masse. Or, leur exploitation par un adversaire est susceptible de conduire à la reconstitution voire à l'anticipation de l'activité des forces. Ces données pourraient ainsi être utilisées à des fins d'analyse avancée en vue d'actes de malveillance ou de renseignement. Ces effets sont accentués par la libéralisation des accès aux données d'énergies sur des bases de données partagées.

Dans le domaine capacitaire, le développement des systèmes de gestion optimisée et de pilotage de l'énergie, et la généralisation d'engins embarquant des capteurs, des systèmes de traitement et des effecteurs connectés soulève la question du stockage et du traitement des données. Ces données constituent une partie de notre patrimoine, il convient d'en estimer la valeur et les risques qu'elles engendrent. Ainsi, la masse croissante des données générée par les systèmes militaires impliquent des efforts substantiels dans l'efficacité énergétique de ces nouveaux systèmes énergivores mais également dans la cybersécurité des plates-formes et la protection des protocoles de communication. L'enjeu réside donc dans la maîtrise de la donnée et de sa chaîne de valeur – dont certains éléments seront issus du monde civil[26].

R9 - Mettre en place un hackathon data NRJ à la rentrée 2020 afin de déceler d'éventuels risques non détectés.

3. Faire de l'énergie un atout opérationnel

Au regard des nouveaux enjeux énergétiques et de l'apparition de nouveaux types de risques, l'ambition ministérielle de se doter d'une stratégie énergétique de défense nécessite une approche renouvelée du domaine énergétique dans son ensemble. Cette révolution doit aboutir à une meilleure prise en compte individuelle et collective des nouveaux enjeux et des usages énergétiques, ainsi qu'une approche intégrée de l'énergie dans les activités organiques et opérationnelles. Cela se traduit notamment par l'adoption du concept d'énergie opérationnelle, qui désigne l'énergie indispensable à la réalisation des contrats opérationnels, et la définition d'une politique dédiée. Le recours élargi aux nouvelles technologies de l'énergie et aux carburants de rupture tant pour la mobilité que pour le stationnement permettra une meilleure performance opérationnelle, ainsi qu'une résilience énergétique accrue. Par la maîtrise et l'optimisation de ses consommations, le ministère réduira son empreinte énergétique, logistique, mais aussi environnementale.

3.1. Une approche renouvelée des enjeux énergétiques

Indispensable à l'emploi des systèmes, au fonctionnement et aux implantations du ministère des Armées, l'énergie était jusqu'à présent abordée sous le seul angle de la contingence logistique et technique. Cette approche est aujourd'hui caduque et requiert une transformation profonde qui ne saurait reposer uniquement sur le remplacement d'équipements moins énergivores ou sur la réduction des consommations. Avant toute chose, elle nécessite une prise de conscience, une meilleure appréhension des consommations et une politique énergétique ministérielle globale.

3.1.1. Faire évoluer les mentalités et renforcer les compétences

Avoir une maîtrise globale et optimisée de l'énergie de la mobilité et du stationnement (permanent ou en déploiement) doit s'accompagner d'une évolution des mentalités de l'ensemble des usagers de l'énergie en opération et de la responsabilisation de l'ensemble des acteurs, qu'ils soient spécialistes ou pas du domaine.

26 Berthier, T., Mazzuchi, N., « Défense et changement climatique : quel modèle pour les armées de demain ? », The Conversation, 15 décembre 2019.

Le retour d'expérience des armées alliées (États-Unis et Royaume-Uni) montre que l'évolution des comportements influe très significativement sur les consommations[27]. La sensibilisation des personnels, la gestion des consommations (recueil des statistiques, analyse et adaptation) et la prise en compte du paramètre « énergie » dans les décisions opérationnelles constituent des leviers déterminants pour optimiser l'emploi de l'énergie de la mobilité et du stationnement (permanent ou en déploiement).

Sur le territoire national comme en opérations extérieures, progresser dans la transition énergétique requiert certes de s'adapter aux nouvelles technologies associées, mais aussi d'entrer dans une culture de la sobriété énergétique et du « bas-carbone » en privilégiant de nouveaux modes de conception, d'exploitation et d'usages. Il s'agira notamment de généraliser en opérations la démarche ISO 50001 telle que mise en œuvre au sein des emprises nationales. Cette norme internationale définit un cadre d'exigences (fixation d'objectifs ciblés en matière d'efficacité énergétique, mesure des résultats) et s'assure de leur mise en œuvre par un système de management de l'énergie.

Par exemple, les officiers chargés de l'énergie en opération ne sont actuellement comptables que du fonctionnement de la logistique des flux et des stocks. Or, la recherche de l'efficacité énergétique constitue pour les forces armées à la fois un moyen de réduction de l'exposition au risque, et d'amélioration de la résilience. À l'instar de ce qui a été mis en place par le SID au sein des bases de défense sur le territoire national, des officiers chargés d'améliorer l'efficacité énergétique pourraient donc être mis en place en opération. La coordination des acteurs et des efforts contribuera à l'adoption de comportements écoresponsables (sobriété comportementale et d'usage, surveillance des dérives, etc.), et à la détermination et l'expression des besoins énergétiques, permettant ainsi d'assurer la continuité d'activité, et des achats garantissant les approvisionnements en énergie dans la durée, en quantité, en qualité et à un coût maîtrisé.

Des compétences de haut niveau sont nécessaires pour la conception, la gestion et la mise en œuvre des systèmes et technologies de production ou d'optimisation énergétique. Une cartographie des compétences indispensables à détenir ou à acquérir, en interne ou en partenariat, est à établir. Le vivier de compétences est à entretenir grâce à un effort de formations initiales ou continues, ou des recrutements ciblés.

Parallèlement, le retour d'expérience accumulé conduit à envisager :

- soit d'évaluer les compétences spécialisées indispensables à détenir ou à acquérir, en interne ou en partenariat avec les énergéticiens et industriels, notamment en matière de maintien en condition et limiter l'externalisation de certaines tâches telles que les prestations de dépannages complexes sur centrales électrogènes ;

- soit de reconsidérer le concept d'équipements avec échanges standard pour dépannage en zone arrière.

Pour conduire et mettre en œuvre cette ambition renouvelée, le renforcement du vivier d'experts, aujourd'hui en tension, et la définition de parcours professionnels plus attractifs constituent un enjeu majeur de compétence, d'autonomie et de réussite. Cette capacité est indispensable pour assurer un pilotage ferme et résolu de l'énergie par ses acteurs et une intégration des évolutions sectorielles.

R10 - Faire évoluer les mentalités et les pratiques vers une culture de la sobriété énergétique en cohérence avec les impératifs opérationnels :

1. généraliser la démarche ISO 50 001 et adopter des comportements écoresponsables au quotidien des usagers ;

2. mettre œuvre un programme de formation aux enjeux et aux usages énergétiques dans les écoles et centres de formation initiales et continues des armées.

R11 - Établir une cartographie des compétences spécialisées indispensables à détenir ou à acquérir, en interne ou en partenariat avec les énergéticiens et industriels.

27 L'ENSEC COE pourrait réaliser un benchmarking des usages énergétiques dans les armées de l'OTAN.

3.1.2. Considérer l'énergie comme une capacité à part entière

Jusqu'à récemment, l'énergie était essentiellement prise en compte comme un facteur technique de performance opérationnelle (autonomie, robustesse, ...), dans la définition de sa consommation par les équipements et systèmes militaires, en cohérence avec la politique de carburant unique en place au sein des États membres de l'OTAN. L'évolution du contexte énergétique mondial conduit le ministère des Armées à faire évoluer cette approche. Il s'agit de réduire sa dépendance aux produits pétroliers pour la mobilité de ses systèmes, et de s'adapter à la transition énergétique tout en veillant sur l'évolution des réglementations associées. Il est désormais indispensable de dépasser la seule approche technique qui a prévalu jusqu'ici pour développer une véritable approche capacitaire de l'énergie[28]. Dorénavant, la prise en compte de l'énergie dans les programmes sera déclinée selon six axes majeurs :

- développer plus avant l'inclusion d'exigences d'écoconception[29] et d'efficacité énergétique, pour chaque opération d'armement ;
- auditer les maîtres d'œuvres industriels ayant passé des marchés avec le ministère des Armées, sur leur prise en compte de l'écoconception et de l'efficacité énergétique dans leurs travaux et produits ;
- analyser le cycle de vie des systèmes et estimer son impact environnemental dans les différentes phases d'une opération d'armement ;
- mesurer la consommation énergétique des systèmes tant en opération/entraînement qu'en stationnement ;
- prendre en compte la consommation énergétique prévisionnelle des systèmes dans la démarche programmatique (ex : en phase d'analyse fonctionnelle ou en phase contractuelle) ;
- prendre en compte l'énergie dans le développement capacitaire depuis la doctrine jusqu'à l'entraînement et le soutien, en passant par l'organisation, les matériels et équipements.

Ce renouvellement de la perspective énergétique dans les programmes d'armement doit être décliné par la base industrielle et technologique de défense (BITD).

R12 - Systématiser la prise en compte du volet « énergie » dans la préparation et la conduite des opérations d'armement et sur l'ensemble du cycle de vie :

1. Généraliser l'inclusion d'exigences d'écoconception et d'efficacité énergétique, à toute opération d'armement et en faire un critère de choix au sein du ministère ;
2. Auditer les maîtres d'œuvres industriels ayant passé des marchés avec le ministère des Armées, sur leur prise en compte de l'efficacité énergétique dans leur travaux et produits ;
3. Déployer la démarche sur les nouveaux programmes, notamment sur le programme de camion 4/6Tonnes, et le programme de Patrouilleur Océanique ;
4. Intégrer dans les programmes en coopération un axe liée à l'optimisation de l'énergie comme cela est initié avec nos partenaires allemands sur le NGF et le MGCS.

3.1.3. Définir une politique énergétique globale

Afin de répondre aux enjeux environnementaux et économiques, de maîtriser les risques identifiés et de sécuriser l'approvisionnement des forces stationnées, le ministère s'est d'abord appliqué à traiter le cas de la performance énergétique de ses bâtiments qui constitue un gisement de gains environnementaux immédiatement exploitables. Pour autant, la mise en place d'une politique globale passe par la prise en compte des enjeux liés à l'énergie opérationnelle, indispensable à la réalisation des contrats opérationnels. L'énergie opérationnelle est l'énergie qui permet la mise en œuvre de l'ensemble des moyens répondant aux besoins concourant aux engagements opérationnels. Sa disponibilité et son accessibilité conditionnent l'atteinte des objectifs militaires fixés et la réponse à des impératifs des niveaux tactiques, opératifs et stratégiques.

28 L'évolution des contraintes liées aux changements climatiques sur les équipements et systèmes est prise en compte par ailleurs, dans la démarche capacitaire renforcée EMA/COCA-DGA/SASD.

29 Le terme d'écoconception signifie concevoir en respectant les principes du développement durable et de l'environnement.

Mettre en œuvre la SMPE pour les infrastructures et la mobilité non opérationnelle

La stratégie ministérielle de performance énergétique (SMPE)[30] récemment mise à jour (mars 2020) décline ces objectifs. Pour réduire ses consommations d'énergie, en priorité ses consommations d'énergies fossiles, et limiter ses émissions de gaz à effet de serre, le ministère des Armées s'engage à évoluer vers une mobilité propre, à améliorer l'efficacité énergétique de ses bases de défense et à disposer à terme d'un parc immobilier à usage tertiaire et résidentiel économe en énergie.

Le ministère des Armées ambitionne de disposer d'une flotte de véhicules administratifs composée d'une part minimale de 50 % de véhicules à faibles émissions en 2030. Il définira le plan de déploiement des véhicules à faibles émissions et programmera l'installation des infrastructures de recharge électrique en conséquence. Concernant les infrastructures de la défense, la SMPE repose notamment sur la suppression des énergies les plus émissives (charbon, fioul) et le recours aux énergies renouvelables (photovoltaïque, biomasse, géothermie, gaz vert, raccordement à des réseaux de chauffage urbain, etc.). Ainsi, le parc immobilier existant ou à construire sera renouvelé, selon des standards de basse consommation en énergie et de faible émission carbone, incluant une approche par l'analyse systématique du cycle de vie. Cette intégration des emprises du ministère dans un modèle énergétique décentralisé et plus près des territoires répond à l'évolution du modèle national fixé par la politique pluriannuelle de l'énergie de la France. Le recours à des contrats globaux de performance énergétique[31] est poursuivie afin d'optimiser les consommations des emprises les plus énergivores ou émissives.

Adopter une politique ministérielle de l'énergie opérationnelle

L'adoption d'une politique de l'énergie opérationnelle permettra d'unifier les efforts des acteurs intervenants dans le champ de cette énergie opérationnelle. Cette politique, qui vise à satisfaire les besoins énergétiques des opérations et des contrats opérationnels, doit définir les principes inscrivant l'énergie comme instrument de performance et de supériorité.

R13 - Créer au sein de l'EMA une division dédiée à l'énergie opérationnelle, qui sera en charge de :

1. Le développement d'une culture de la frugalité énergétique ;
2. La formation à la prise en compte des enjeux et des usages de l'énergie ;
3. Le renforcement de la résilience et de la continuité des activités opérationnelles ;
4. La planification et déploiement des capacités énergétiques innovantes en opération ;
5. La préservation de la politique du carburant unique ;
6. La mise en place d'une organisation spécifique s'appuyant sur un réseau de référents ;
7. Le décloisonnement du renseignement et de la prospective énergie pour élaborer des modes d'actions opérationnels offensifs et défensifs

3.2. Sécuriser l'énergie opérationnelle

La permanence et la disponibilité – en quantité et qualité – de l'énergie conditionnent la conduite des opérations comme la préparation des forces. La sûreté de l'accès à l'énergie opérationnelle constitue donc un enjeu majeur, tandis que sa disponibilité repose sur la sécurisation, la robustesse et la résilience des moyens de production, distribution, stockage et pilotage. Par ailleurs, les fluctuations importantes et parfois très rapides du coût des énergies peuvent avoir des impacts sur les équilibres financiers du ministère.

3.2.1. Renforcer la résilience des infrastructures critiques et des fonctions opérationnelles

La prépondérance de l'électricité au sein du ministère devrait encore s'amplifier avec le développement de la simulation, d'une informatisation toujours plus énergivore (*data centers*) et de nouveaux usages de l'électricité dont l'électromobilité. L'utilisation toujours accrue de l'électricité liée à l'emploi des nouvelles technologies engendre ainsi une forte électro-dépendance, posant la question de la continuité en approvisionnement de cette énergie au sein des infrastructures opérationnelles. Or, divers facteurs externes fragilisent ces réseaux : numérisation, interconnexions croissantes des réseaux de transport

30 Stratégie ministérielle pour la performance énergétique pour le années 2020 à 2023.

31 Le CPE prenant la forme, lors de la rénovation des infrastructures, d'une modernisation de l'isolation et du verdissement du mix-énergétique de production (Biomasse ; Réseaux de chaleur, EnR).

d'énergie à l'échelle continentale ou des territoires, entrisme d'acteurs extra-européens, nouveaux usages de l'électricité, libéralisation des marchés, puissances appelées et volatilité accrues. La vigilance s'impose donc pour la sûreté d'approvisionnement en énergie, et la fiabilité des capacités de secours des emprises.

Sécuriser l'approvisionnement électrique des sites

Si les opérations extérieures suivent une logique d'approvisionnement propre, en partie indépendante des réseaux et des sources d'électricité nationales, ce n'est pas le cas des implantations sur le territoire national qui sont pour la plupart, ou à de rares exceptions, approvisionnées *via* le réseau civil national.

Sur le territoire national, la qualité et la fiabilité de délivrance des énergies en réseau sont assurées par les opérateurs de distribution et de transport d'électricité, de gaz et localement de chaleur par le biais de réseaux locaux de chaleur urbains. Toutefois, un effondrement ponctuel du réseau électrique national ne peut être totalement écarté, qu'il résulte d'une cyber attaque générale, d'une grève, d'un épisode climatique majeur, d'un déséquilibre important sur le maillage européen ou dans l'hypothèse d'une rupture majeure résultant d'une attaque sur le territoire. La capacité à disposer d'énergie en l'absence de fourniture nationale impose la disponibilité de capacités de production et de distribution autonomes et leur maintien en condition pour les fonctions opérationnelles. Si le risque de rupture des approvisionnements énergétiques issus des réseaux publics reste faible, les capacités partielles d'effacement et de secours interne pour les fonctions vitales du ministère doivent être maintenues et rénovées.

Sur la base des priorités fonctionnelles établies par le commandement, puis d'audits techniques des installations internes de production et de distribution, il conviendra de s'assurer que les sites les plus stratégiques disposent bien de solutions de production de secours et, en conséquence, d'établir un schéma directeur de remise à niveau des infrastructures critiques. Outre la remise à niveau des installations critiques, il s'agira également de veiller à maintenir les compétences internes pour le maintien en condition opérationnelle (MCO) de ces installations.

Au titre de la continuité d'activité, y compris lors des délestages[32], le réseau national de distribution d'électricité assure l'alimentation des sites prioritaires. Les dispositifs de secours fonctionnent généralement au gazole qu'il faut donc également considérer comme une énergie nécessaire à certaines fonctions opérationnelles. Le gazole dédié à l'alimentation des groupes électrogènes n'étant pas pris en compte dans les stocks stratégiques, il sera donc nécessaire d'intégrer les énergies de secours dans le calcul des stocks de sécurité des armées.

La résilience des dispositifs de secours devra être régulièrement éprouvée au travers de scenarii « de crise » (grève de longue durée, attaques, pandémie, incident technique, etc.) en tenant compte des missions opérationnelles confiées à ces sites. Il s'agira d'évaluer précisément les vulnérabilités et la robustesse des dispositifs :

- identifier les abonnés prioritaires sur les sites (IPD/PIV/IMS) et faire valoir la priorité des sites MinArm auprès des distributeurs ;
- définir pour chaque site opérationnel les règles de délestage ou de reprise en secours en cas d'aléa (coupure de l'alimentation amont) ;
- étudier les adaptations des architectures de réseaux ne répondant pas aux objectifs de sécurité d'approvisionnement ;

en considérant notamment que :

- l'alimentation externe en électricité peut être interrompue, malgré des plans prioritaires ;
- le personnel sous-traitant devant assurer la conduite et l'exploitation des installations électriques des sites peut faire défection (crise sanitaire, grève etc.) ;
- le ravitaillement pétrolier pourrait être insuffisant en cas de problème généralisé touchant une région.

32 Arrêté du 5 juillet 1990 fixant les consignes générales de délestages sur les réseaux électriques, mis à jour du 13 janvier 2016.

R14 - Élaborer une politique globale sur la résilience énergétique en initiant une évaluation des sites à partir de l'année 2020 pour des solutions implémentées en 2025 :

1. Établir une cartographie des vulnérabilités pour fin 2021 ;

2. Consolider, pour fin 2022, les concepts existants en matière de résilience, les évaluer et les valider par des expérimentations au regard de scenarii « de crise » en tenant compte des missions opérationnelles qui pourraient être demandées aux forces opérant depuis le territoire métropolitain (PPS, dissuasion, ENU, renforcement de plots en OPEX s'agissant des forces aériennes). Les enseignements de la crise Covid-19 seront pris en compte ;

3. Définir pour fin 2022 les besoins énergétiques des infrastructures les plus critiques et développer des critères de résilience et de continuité des activités et en généraliser l'expression des exigences à tous les ADS ; ces éléments constitueront la base pour établir un schéma directeur de remise à niveau ;

4. Identifier les nouvelles compétences émergentes à détenir en propre ou au sein de la BITD pour le maintien en condition de nos installations critiques.

Expérimenter l'autoconsommation des sites et développer de nouveaux modèles de résilience

La réduction des consommations et la transition vers des énergies plus durables favorisent une moindre dépendance énergétique, renforçant la résilience de chaque emprise de la défense. Le développement de capacités d'autoproduction, d'autonomie énergétique partielle, et d'autoconsommation s'appuiera sur des équipements de production, de stockage et de gestion d'énergie interconnectés. Dans le cadre de la SMPE, douze contrats de performance énergétique[33] sont en cours, par exemple au sein de la base de Mourmelon, il s'agira de supprimer l'intégralité des chaudières fioul et charbon à horizon 2023.

Dans le cadre des travaux[34] lancés par l'Agence européenne de défense (AED) avec l'appui de la Direction générale de l'énergie de la Commission européenne, le projet ENSSURE (*ENergy Self SUfficient REsilient military base*), porté par le SID vise ainsi à mettre en place un démonstrateur pour un site militaire répondant aux enjeux énergétiques de demain : résilient, autosuffisant et décarboné. Ce projet pilote s'appuiera sur un consortium de compétences civiles et militaires, et expérimentera, sur un site militaire métropolitain représentatif, la décarbonation quasi-totale des besoins énergétiques, tout en préservant la capacité opérationnelle en cas de rupture d'approvisionnement électrique ou de cyber attaques sur les installations.

Au-delà d'un simple contrat de performance énergétique, le projet devrait également combiner la production de différentes sources d'énergies renouvelables et l'utilisation de solutions multiples de stockage d'énergie au sein d'un micro-réseau intelligent. L'ambition est d'assurer les capacités de fonctionnement permanentes des installations critiques du site et des installations communes en cas de rupture d'approvisionnement du réseau électrique public, en recourant à des systèmes de communication « intelligents » et conformes aux exigences ministérielles de cybersécurité. Le projet devrait également définir un modèle technico-économique grâce à l'analyse de faisabilité des diverses solutions technologiques testées.

R15 - Intégrer des énergies renouvelables ou de rupture permettant une augmentation des capacités d'autoproduction d'énergie dans les emprises et donc de résilience des forces, à l'image du projet ENSSURE et des contrats de performance énergétique.

3.2.2. Assurer le soutien pétrolier et en maîtriser les risques

Chaque opération nécessite la mise en place d'un soutien pétrolier spécifique : il n'existe pas de dimensionnement type ou de notion de proportionnalité d'un théâtre à un autre. Dans le cadre des engagements opérationnels, la conception des dispositifs de soutien pétrolier est toujours dépendante des problématiques de sécurité des approvisionnements.

33 Cf. Annexe 6 – Vers un parc immobilier bas-carbone en 2025.

34 Dans le cadre de l'initiative Consultation Forum for Sustainable Energy in the Defence and Security Sector.

Le besoin énergétique croissant exige une manœuvre logistique de plus grande ampleur, exposée aux actions de l'adversaire et constituant donc un facteur de vulnérabilité. L'enjeu principal consiste donc à répondre à un besoin croissant d'énergie des systèmes et équipements, tout en maîtrisant la consommation d'énergie fossile et *de facto* l'empreinte environnementale et logistique.

L'engagement des forces s'inscrit le plus souvent dans la durée et les systèmes d'armes doivent donc posséder allonge, endurance, souplesse d'emploi et résilience. L'encombrement de la logistique énergétique en OPEX doit être limité. La mise en œuvre de la politique du carburant unique (réduction de l'approvisionnement au seul carburant aviation) permet de répondre entre autre à cet impératif. Dans ces conditions, toute optimisation de la consommation et la disponibilité de l'énergie, produite ou accessible localement, réduiront la facture logistique, amélioreront l'endurance et libéreront des moyens de protection au profit d'autres missions. La même logique se retrouve dans la gestion de l'eau et des déchets où l'enjeu d'une approche raisonnée et efficiente est le principal défi auquel la logistique sera confrontée dans les années à venir.

Planifier en amont des opérations

Tout engagement opérationnel requiert un approvisionnement en énergie, indispensable à la fois pour la mobilité et pour la production électrique des camps et des bases. Les dispositions relatives à l'approvisionnement des forces en produits pétroliers sont planifiées dès le temps de paix. Elles incluent la recherche de solutions commerciales et l'établissement préalable d'arrangements de soutien bilatéraux ou multinationaux afin de sécuriser l'approvisionnement.

Au niveau stratégique, le SEA participe avec le CPCO à la conception et à la planification du soutien pétrolier en opération. Le niveau stratégique correspond, pour le soutien pétrolier, aux actions mises en œuvre par le SEA pour acquérir la ressource et en approvisionner les forces de manière sécurisée en s'appuyant sur des stocks de sécurité constitués en opérations extérieures, en outre-mer et sur le territoire national. Ces actions sont rendues possibles grâce à la connaissance approfondie du secteur pétrolier, entretenue par le SEA et au concours des sociétés pétrolières et des forces alliées.

Lors de la planification d'une opération, le SEA étudie les besoins exprimés afin d'adapter son dispositif et d'élaborer la manœuvre de soutien pétrolier. Il s'agit notamment de définir les volumes des carburants qui seront utilisés. Aujourd'hui, cette analyse, essentiellement empirique s'appuie sur les standards de l'OTAN (STANAG 1333) et surtout sur son expérience opérationnelle. L'anticipation fine des besoins passe par la connaissance précise des usages et des consommations par profil de missions. Le soutien pétrolier reste contingent du contexte opérationnel d'emploi de la force qui définit notamment la politique de l'énergie en opération[35], la consommation journalière moyenne et l'autonomie souhaitée.

La planification du soutien pétrolier hors métropole est déterminée par une multitude de facteurs interdépendants, dont la capacité des nations hôtes à concourir au soutien pétrolier des forces déployées. Les enjeux sont la disponibilité de la ressource de carburants en qualité et en quantité, la localisation et l'accès à la ressource en carburants, ainsi que les modes d'approvisionnement. L'approvisionnement pétrolier sera réalisé prioritairement à partir des stocks nationaux, de ceux de la nation hôte (HNS), des armées alliées, des agences internationales ou, le cas échéant, à partir de sociétés privées, selon la disponibilité des moyens et le niveau de risque accepté.

La disponibilité des ressources pétrolières locales constitue un facteur déterminant pour l'autonomie et la résilience de la force. Elle oriente la sélection des zones logistiques d'entrée sur le théâtre pour les forces et les actions diplomatiques pour appuyer les priorités d'approvisionnement des forces.

35 Mise en œuvre de la politique du carburant unique, prise en charge partielle ou totale de la responsabilité du soutien pétrolier lors d'une opération multinationale qui peut être assumée sous la forme de lead logistics nations(LLN) ou Lead Role Specialist Nation ou de déploiement de Modular Combined Petroleum Units.

R16 - Intégrer l'énergie dans la planification opérationnelle :

1. Mettre en place la fonction de coordonnateur énergie dans la chaîne opérationnelle afin de disposer d'une vision globale de l'énergie et d'assurer la satisfaction des besoins énergétiques de manière coordonnées entre tous les acteurs ;

2. Développer et exploiter un outil robuste de planification et d'aide à la décision afin d'estimer les consommations.

Préserver la politique de carburant unique

Pour les armées, dans le cadre des engagements à l'extérieur du territoire national, la disponibilité de la ressource en carburants est une donnée fondamentale, c'est aussi un facteur de dépendance et de risques. En effet, le soutien énergétique en phase de déploiement repose majoritairement sur les énergies fossiles nécessaires à la mobilité et aux installations pour le stationnement des forces.

Les principes d'approvisionnements sont les suivants :

- en opérations, la principale source de carburant pour les composantes terrestres et aériennes repose sur le carburéacteur aviation F-34 ou F-35, et le carburéacteur à usage terrestre F-63 ;
- la Marine nationale utilise principalement des carburants dédiés (gazole marine F-75/F-76, XF-80 et carburéacteur aviation type haut point d'éclair F-44) ;
- l'utilisation d'autres carburants tels que l'essence avion F-18, le gazole F-54 et le supercarburant F-67 doit également être considérée pour les équipements qui sont incompatibles avec la politique du carburant unique (*Single fuel policy* (SFP)) sur certains drones notamment.

Dans les situations où les carburants disponibles localement sont de mauvaise qualité ou en volume insuffisant, notamment lors des opérations, la force recourt à la politique de carburant unique de l'OTAN. Cette approche consiste à approvisionner l'ensemble des équipements thermiques, dont les véhicules terrestres et les groupes électrogènes, avec du carburéacteur d'usage aérien qui garantit des normes de qualité strictes universellement appliquées. La politique du carburant unique est donc un facteur important d'efficacité opérationnelle car elle donne accès à une ressource en quantité et de qualité partout dans le monde, tout en rationalisant les chaînes logistiques.

Cette politique donne satisfaction lors des opérations, il conviendra de la pérenniser.

R17 - Préserver la capacité des armées à fonctionner en carburant unique afin de répondre aux exigences de mobilité et d'intervention des forces.

Risques liés à l'externalisation du soutien pétrolier

L'augmentation des besoins des armées au regard des capacités en régie du SEA impose d'externaliser une partie du soutien pétrolier des opérations en fonction de la fiabilité des opérateurs pétroliers locaux. Cette dépendance vis-à-vis du secteur civil n'est pas exempte de risques mais l'externalisation permet de limiter le dispositif de soutien pétrolier à la stricte suffisance des besoins opérationnels des forces.

Actuellement, les contrats opérationnels intègrent déjà une part d'externalisation qui devrait augmenter sensiblement. Pour améliorer la résilience des approvisionnements et des solutions d'externalisation, la recherche de plusieurs titulaires jugés fiables est recherchée dans le cadre des marchés passés par le SEA. Cette fiabilité est appréciée au moyen des monographies pétrolières entretenues par le SEA sur l'industrie pétrolière régionale. Elles évaluent les capacités d'une région à satisfaire les besoins militaires sans y déstabiliser l'activité économique habituelle. Elles permettent d'apprécier la criticité des infrastructures pétrolières utilisées par la force (installations pétrolières, voiries, oléoducs, ...) et analysent les renseignements disponibles sur les acteurs pétroliers régionaux.

Dimensionner les stocks de sécurité pétroliers

Sur le territoire national, la logistique pétrolière du ministère des Armées s'appuie sur le réseau d'infrastructures pétrolières civiles, des dépôts du SEA et sur les stocks de sécurité entretenus par le SEA. Le volume de ces stocks à usage exclusif du ministère est défini par l'EMA. Ils sont principalement constitués de carburéacteur

pour les forces aériennes et terrestres et de gazole de navigation et carburéacteur haut point d'éclair pour la marine nationale. Ils se décomposent en :

- Stocks stratégiques, destinés à faire face à une crise d'approvisionnement internationale ;
- Stocks de crise assurant la continuité des opérations lors de perturbations majeures de la logistique pétrolière nationale.

Ces stocks ne prennent cependant pas en compte l'augmentation probable des besoins futurs. Ils augmenteront sous l'effet de la hausse des besoins estimés pour les domaines aériens[36] et terrestres[37]. Une projection à l'horizon 2030 montre qu'une augmentation de 60 000m^3 serait nécessaire, représentant un coût supplémentaire d'achat carburant de 10 M€ et 750k€ par an de location de capacités de stockage[38]. La prise en compte de ces besoins ne devrait cependant pas nécessiter d'investissements supplémentaires en infrastructure d'ici 2030 car les volumes supplémentaires identifiés[39] seraient absorbables dans les capacités existantes (SEA et oléoduc CEPS) ou déjà programmées (stockage marine).

Par ailleurs, la tutelle fonctionnelle assurée par le SEA sur les stations-services de la direction du Service du Commissariat des Armées (reprises par le SEA à l'horizon 2023) permet également d'avoir connaissance du niveau de leurs stocks de carburant.

En opération extérieure, la constitution des stocks de carburants fait l'objet d'une décision du commandement qui prend en compte les capacités offertes par la Nation Hôte, les besoins opérationnels et les risques pesant sur la logistique pétrolière.

R18 - Dimensionner les stocks de sécurité en tenant compte de l'augmentation prévisible des consommations, liée à l'arrivée des nouveaux équipements et aux évolutions d'activité :

Pour la période 2020-2025, il s'agira d'accroître les stocks de sécurité en carburant des armées de 60 000 m^3 pour un coût de 14 M€.

Diversifier l'approvisionnement pétrolier

Afin de garantir la sécurité de ses approvisionnements et de maîtriser le coût des carburants, le SEA adopte une stratégie d'achat basée sur la diversification de ses modes d'approvisionnement : achat massif de carburéacteur par des contrats annuels, achat en vrac d'autres produits que le carburéacteur, cartes accréditives... Il met en œuvre différents dispositifs financiers afin d'assurer aux armées un prix d'achat moins fluctuant que le cours du pétrole (tarification basée sur le coût unitaire moyen pondéré, dispositif de couverture des risques).

Le recours à l'externalisation, déjà évoqué en opérations, est également mis en œuvre sur le territoire national pour l'approvisionnement des dépôts pétroliers du SEA. Une capacité de résilience est conservée pour pallier la défaillance des opérateurs externes (intervention des compagnies de soutien pétrolier de la base pétrolière interarmées, appel aux escadrons de ravitaillement du train, etc.). Cette aptitude a déjà été mise en œuvre à plusieurs reprises lors de crises pétrolières dans le pays.

3.3. Minimiser l'empreinte énergétique pour gagner en performance opérationnelle et en résilience

Souvent complexes, les systèmes d'armes ont des durées de vie importantes qui nécessitent des marges initiales à la conception qui rendront possible de futures évolutions. Dans cette optique, les aspects énergétiques ont toute leur place sur l'ensemble du cycle de vie des équipements : réduction de l'empreinte énergétique, décarbonation des sources, amélioration des rendements, intégration des contraintes de la transition énergétique, etc. En outre, ces avancées sont susceptibles de générer des gains sur le plan opérationnel : furtivité accrue, résilience, autonomie, possibilité d'intégrer de nouvelles armes fortement

36 +37 % de carburéacteur d'ici 2030 pour l'armée de l'air et +11 000m3/an pour l'armée de terre, consommations de carburéacteur haut point éclair en 2035 à 5900 m3/an au lieu de 3600 m3/an actuellement pour le groupe aérien embarqué.

37 +25 % avec le programme SCORPION dès 2020.

38 Central European Pipeline System.

39 52 500 m3 de carburéacteur et 8000 m3 de carburéacteur haut point d'éclair.

énergivores (canon électrique, armes à énergie dirigée…). Ces considérations sont largement partagées mais se déclinent de différentes manières selon les milieux d'emploi.

3.3.1. Tirer parti des avancées technologiques civiles

Les innovations technologiques en matière d'énergie sont pour l'essentiel le fruit des recherches du secteur civil. Il est nécessaire de maintenir une activité de veille sur ces activités mais aussi de prospective pour identifier les technologies du secteur civil les plus à même d'être adaptées aux contraintes des usages militaires et aux besoins en performances des armées (robustesse mécanique, sûreté de fonctionnement, autonomie, fonctionnement en mode dégradé…).

Le ministère des Armées s'attache à utiliser des technologies issues du secteur civil ou dérivées, de manière à bénéficier des effets d'échelle et du dynamisme du marché commercial, ainsi que d'un maintien en condition opérationnelle à coût maîtrisé.

Des développements spécifiquement militaires seront néanmoins nécessaires pour certaines applications. C'est le cas par exemple des systèmes de génération et stockage d'énergie impulsionnelle de forte puissance pour les armes à effet dirigé, les canons électriques, ou encore les piles pour munitions complexes (missiles ou torpilles).

La prise en compte des différentes spécificités militaires ne doit pas déboucher sur un écart trop important entre les domaines civil et militaire qui imposerait d'entretenir un large spectre (probablement insoutenable) de technologies spécifiques et uniques, générant surcoûts, pertes de compétences, voire obsolescences et indisponibilités.

Ainsi, dans l'édition 2020 du Document d'orientation de l'innovation de défense (DOID), la thématique « Énergie » est intégrée comme nouveau domaine d'actions du ministère des Armées en matière d'innovation. Identifié comme un domaine prioritaire et transverse, l'effort est porté sur la détection, la captation, la sélection, puis le soutien à l'innovation.

R19 - Tirer parti des innovations du secteur civil, en les adaptant aux cas d'usages militaires :

1. Lancer 3 projets d'accélération d'innovation en 2021 (alternatives aux groupes électrogènes diesels, nettoyage des panneaux photovoltaïques en environnements contraints (sable), Hydrogène dans les camps ;

2. Pour la période 2020-2025, 23 M€ seront investis dans l'innovation ouverte.

3.3.2. Le milieu terrestre : une électrification croissante pour des apports opérationnels

Vers une hybridation des véhicules

Dans un contexte de transition énergétique, le parc automobile civil évolue vers l'électrification de la motorisation (hybride et/ou tout électrique). De leur côté, les véhicules terrestres militaires consomment toujours davantage d'électricité, au point d'avoir atteint les limites technologiques des alternateurs produisant l'énergie électrique à bord[40]. L'hybridation de la motorisation couplée à une gestion optimisée de l'énergie apparaît comme une solution à cette limitation technologique.

La faisabilité et l'intérêt de l'hybridation dépend du type de véhicule et de son profil de mission. Pour chacun des véhicules et des missions associées, la démarche programmatique doit permettre *via* une analyse de la dimension énergétique de définir le meilleur compromis technique et économique. Si l'hybridation ne couvre pas de manière satisfaisante tous les besoins militaires, de premières études encourageantes en montrent l'intérêt dans certaines configurations ou usages. En effet, l'hybridation apporte non seulement des gains opérationnels, notamment un surcroît de puissance électrique pour

40 La capacité des alternateurs du VAB en 1976 et du VBCI en 2008 est passée de 50 à 300 ampères. Celle du Griffon est à 600 ampères qui est la limite technologique actuelle des alternateurs terrestres.

le franchissement, une meilleure furtivité, mais encore, dans certains cas, une économie de carburant pouvant atteindre 10 % à 15 %.

L'hybridation du secteur civil ne peut pas être déclinée directement au domaine militaire. Il s'agit de lever les risques liés à l'intégration de batteries Li-ion (risques d'inflammation ou d'explosion en environnement balistique, d'emballement thermique en températures extrêmes, de vieillissement prématuré des batteries) ou ceux liés aux fonctionnalités spécifiquement militaires de ces matériels. La levée de ces risques passera nécessairement par des études technologiques et le développement de démonstrateur hybride de véhicule blindé dans les années à venir. Le passage à l'échelle sera ainsi à envisager pour les prochaines générations ou standards de véhicules blindés à l'horizon 2028-2030.

R20– Développer dès 2022 un démonstrateur d'hybridation de blindés pour fournir les critères de choix de motorisation Griffon et VBCI en 2025.

Etudier l'emploi des carburants alternatifs41Alors que l'on assiste à une diversification des carburants dans le secteur civil, dans une démarche de décarbonation de la mobilité, l'emploi des carburants alternatifs (biocarburants, hydrogène) est à l'étude au sein du ministère des Armées.

Les biodiesels sont déjà produits et commercialisés dans le domaine civil en France et à l'international. Le potentiel de ces biocarburants est intéressant et actuellement en cours d'évaluation pour les équipements terrestres. L'évolution du marché des biocarburants terrestres est en partie liée à celle des filières de biocarburants aéronautiques en développement (cf. le paragraphe « milieu aéronautique »). Ils sont donc déjà utilisés par les armées, soit lorsqu'ils s'approvisionnent en secteur civil par le biais des cartes accréditives, soit dans les stations-services de la DSCA approvisionnées en carburants terrestres.

En revanche, l'utilisation de biocarburant aéronautique comme carburéacteur diesel, dans le cadre de la politique de carburant unique, devra être confirmée. Cette analyse doit notamment permettre de s'assurer de la compatibilité des biocarburants avec la politique du carburant unique et d'évaluer leur impact sur la chaîne d'approvisionnement du ministère.

L'hydrogène offre également de belles perspectives comme nouveau carburant de la mobilité. Des véhicules et des engins à usages diversifiés, alimentés par des piles à combustible à hydrogène, apparaissent désormais dans le monde civil. Cette technologie offre l'avantage de ne rejeter que de l'eau et le caractère silencieux des moteurs électriques constitue un facteur intéressant pour la furtivité acoustique des équipements.

Cependant cette technologie n'est pas exempte d'inconvénients et son application aux usages militaires ne peut être généralisée à court terme. Par exemple, le réservoir occupe un volume important et le système requiert d'être couplé à une batterie pour absorber les pics de puissance. Le stockage et le transport d'hydrogène dans des réservoirs sous-pression ou liquéfié à très faible température complexifient la logistique, sans compter les risques sur les théâtres d'opération ou en espace confiné. Par ailleurs, la production d'hydrogène est elle-même particulièrement énergivore.

Il est donc manifeste que, si le potentiel de cette technologie est intéressant, son adaptation technologique et pratique à la mobilité militaire n'est pas encore mature. Dès lors cette piste est à examiner dans une perspective de plus long terme, en suivant le développement des projets civils (flottes captives). L'adaptation aux contraintes militaires, ainsi que l'aspect logistique (production, stockage, transport et distribution) devront également être étudiés.

Actuellement, trois projets à base d'hydrogène sont initiés au sein du ministère, par la DGA et l'AID, et concernent des systèmes de puissances faibles à modérées : deux piles à combustible pour le fantassin FELIN et pour un mini-drone. Des études technico-opérationnelles complémentaires doivent être lancées pour appréhender l'intérêt et la faisabilité de tels systèmes au regard des contraintes militaires (production, stockage, transport). Le SID conduit en parallèle une étude pour le recours à l'hydrogène pour la production électrique de forte puissance pour un usage de stationnement (camps, casernement, etc.).

41 Cf. annexe 5 - Les biocarburants, vecteurs de décarbonation de la mobilité.

R21 - Lancer une étude technico-opérationnelle ENERTOP dès 2020 pour étudier l'intérêt et la faisabilité d'intégrer les nouvelles technologies de l'énergie, en particulier l'hydrogène, sur les plateformes terrestres, au vu des contraintes militaires et des impacts logistiques associés (production, stockage, transport, distribution) et poursuivre les études technologiques associées.

R22 - Tant qu'aucune technologie de substitution n'aura émergé, s'assurer de la compatibilité des systèmes terrestres avec les biocarburants aéronautiques certifiés ou en cours de certification, et définir les conditions d'emploi associées dans le cadre de la mise en œuvre de la politique de carburant unique.

3.3.3. Le milieu naval : améliorer l'efficacité énergétique des navires pour répondre aux défis opérationnels

Dès la conception d'un navire, l'énergie est prise en compte et conditionne à la fois l'architecture de la propulsion, de la génération électrique et du système de combat. Le programme FREMM illustre le choix d'une propulsion mixte (diesel-électrique avec turbine à gaz). Au-delà de ces considérations d'architecture, la DGA intègre dans la conduite de ses programmes d'armement, l'analyse du meilleur compromis technico-économique de l'énergie sur les plateformes (exemple récent de la démarche programmatique de réduction de la consommation en carburant dès la conception pour le patrouilleur outre-mer, pour lequel des économies de 30 % en consommation de gazole sont prévues).

Réduire la consommation en énergies fossiles et répondre au besoin croissant d'électricité embarquée

Le milieu naval se distingue par un besoin accru d'autonomie et d'endurance. La concentration de nombreux équipements sur un même porteur (propulsion, auxiliaires, vie courante à bord, armements, capteurs, …) implique des niveaux de puissance électrique importants (plusieurs dizaines de MW sur une frégate).

Hormis le porte-avions et les sous-marins dont la source d'énergie principale est nucléaire, la satisfaction des besoins énergétiques des navires militaires repose à ce stade, exclusivement sur le carburant diesel marine (F-76 et DMA). Le rendement énergétique des futurs navires fera l'objet d'améliorations (hydrodynamisme[42], consommation électrique ajustée, capacités de production mieux rentabilisées et réseau de distribution optimisé), sans perdre de vue la nécessaire redondance des équipements et réserve de puissance indispensables pour un navire de combat.

En premier lieu, il s'agit de limiter voire réduire la consommation en énergies fossiles des navires, tout en répondant au besoin croissant d'énergie électrique à bord. Les équipements embarqués sont de plus en plus énergivores, et la mise en œuvre des futurs systèmes (armes à énergie dirigée, radar, catapulte électromagnétique, système de ravitaillement en mer…) nécessite un stockage d'énergie à forte puissance. Le développement et la maîtrise de ces nouveaux équipements constituent un facteur clé de supériorité opérationnelle pour les bâtiments de combat.

Par ailleurs, même si les navires militaires n'y sont pas soumis, il est nécessaire de se rapprocher de la réglementation environnementale civile (convention MARPOL) en réduisant les émissions atmosphériques (CO_2, NOx, SOx, particules fines), pour limiter la pollution et éviter l'interdiction potentielle d'accès à certaines voies navigables ou ports pouvant constituer autant de points d'appui logistiques.

Les carburants de navigation : des évolutions rapides dans le civil à surveiller[43]

Si la Marine nationale consomme principalement du gazole marine, à faible taux de souffre mais à forte densité énergétique, le secteur civil évolue progressivement vers l'emploi de GNL (gaz naturel liquéfié), carburant répondant aux caractéristiques techniques des normes anti-pollution navales (réduction de 35 % du CO_2 émis, sept fois moins de NOx, 20 fois moins de particules fines par rapport au gazole de navigation). Cela concerne essentiellement des gros navires de transport (ferry ou navire de commerce) dont les trajets sont bien définis et réguliers, et les points d'approvisionnement en GNL bien identifiés.

Les études réalisées par le ministère[44] conduisent à écarter le GNL comme potentiel carburant pour la marine. En effet, cette technologie implique des limitations opérationnelles et ne présente pas de garanties

42 En matière d'hydrodynamisme, des solutions innovantes doivent être recherchées et testées (aileron sur tableau arrière, forme de carène ou d'étrave, revêtement de coque, …).

43 Cf. annexe 5 - Les biocarburants, vecteurs de décarbonation de la mobilité.

44 Étude Technico-Opérationnelle de l'utilisation du gaz naturel liquéfié pour la Marine nationale (ETO GNLMN), 2016-2017.

suffisantes en termes de sécurité et d'approvisionnement. En effet, les points de ravitaillement en GNL ne sont pas aussi répandus que ceux délivrant du DMA. À cela s'ajoute la faible densité énergétique de ce carburant qui imposerait de lourdes contraintes d'architecture. Par nature, l'activité des bâtiments de combat est largement moins assujettie aux routes commerciales et induit une exposition accrue aux situations hors norme, notamment les tirs. L'utilisation du GNL pourrait éventuellement être envisagée pour une flotte captive moins exposée (bâtiments portuaires, par exemple). Dans ce cas, l'approvisionnement en GNL devrait vraisemblablement être externalisé afin d'éviter des investissements très conséquents en infrastructures et la mise en place puis le maintien de compétences très spécifiques portées par un nombre réduit de personnels. L'emploi de biocarburant marine ne peut quant à lui être envisagé et autorisé qu'après une évaluation précise de son impact technique et opérationnel (fonctionnement des moteurs, stockage en soute, filtrage …).

D'autres modes de propulsion innovants sont également expérimentés, notamment pour des flottes de servitude. Un chaland multi-mission, premier navire à propulsion hybride diesel-batterie, équipe ainsi la marine nationale depuis 2018. Positif pour ce cas d'usage, le retour expérience fait état de 70% à 80% de fonctionnement en mode électrique avec rechargement à quai ou en mer des batteries. D'autres solutions propulsives (moteur électrique à base de supraconducteurs, turbovoiles, foils, ammoniac…) pourraient également être envisagées mais leur maturité est insuffisante et leurs conditions d'emploi trop contraignantes pour un usage militaire à moyen terme.

La réduction d'émission de particules et des oxydes d'azote dans les échappements des navires doit être recherchée. Les navires de la marine nationale répondent aujourd'hui à la norme TIER2 et doivent tendre vers la norme TIER3 pour les futures générations de moteurs sans pour autant compromettre la performance opérationnelle des systèmes Enfin, comme pour les milieux terrestre et aéronautique, le développement des biocarburants commence à émerger dans le milieu marin et apparaît comme une solution intéressante à court et moyen termes.

R23- Assurer une veille sur les différents carburants de navigation et sur les différentes solutions de propulsions navales, ainsi que sur leur disponibilité et leur approvisionnement dans le contexte défense (ex : pile à combustible alimentée par de l'hydrogène, moteurs électriques) afin d'anticiper les évolutions et maintenir une capacité à se déployer.

Optimiser l'énergie à bord et explorer les solutions électriques innovantes

L'optimisation de la consommation énergétique s'applique particulièrement bien aux navires de plus de 3000 tonnes. Un objectif de gain de carburant d'environ 20% semble atteignable grâce à des études permettant de :

- mieux connaître et maîtriser le bilan énergétique du navire et de ses équipements ;
- améliorer l'architecture des réseaux électriques, en tenant compte des profils d'emploi des navires militaires ;
- varier les sources d'énergies à bord, avec des dispositifs de stockage d'énergie et de récupération d'énergie ;
- développer des systèmes de pilotage de l'énergie, type smart-grid ;
- élaborer des systèmes d'énergie évolutifs pendant la durée de vie du navire.

Les gains offerts par les dernières avancées technologiques pour améliorer l'architecture des réseaux électriques (emploi du courant continu, dispositifs de stockage d'énergie, système automatique de gestion du réseau type *smart-grid*, conversion de puissance…) doivent être examinés en tenant compte des profils d'emploi très spécifiques des navires militaires. La sobriété énergétique à quai est également un enjeu pour le bon dimensionnement et la résilience des réseaux des bases d'appui.

La diversification des sources d'énergies à bord offre une piste intéressante, déjà mise en œuvre mais qui peut encore être approfondie en étudiant les opportunités offertes par les dispositifs de stockage d'énergie. Cela permettra d'ajuster la capacité de production électrique, de mieux exploiter les pertes d'énergie et, plus tard, d'alimenter des systèmes à énergie impulsionnelle lorsqu'ils seront matures.

Dans la continuité des études amont déjà initiées pour les navires de plus de 3000 tonnes[45], il conviendrait de confirmer les avantages du courant continu, notamment en termes de rendement, de volume, de discrétion, de qualité de l'énergie délivrée. Cette technologie permet de diminuer les pertes d'énergie par effet Joule, d'être plus furtifs et de délivrer plus de puissance électrique à bord.

Par ailleurs, des études exploratoires et la veille technologique sur les moteurs supraconducteurs visent à réduire l'encombrement des moteurs et leur consommation à puissance donnée.

Enfin, l'intégration dans un volume contenu de technologies déjà matures dans le civil (dispositif de récupération de chaleur, étagement de puissance et régulation des systèmes de ventilation et d'air conditionné, ...) pourrait permettre une réduction de la consommation énergétique en adéquation avec la finalité opérationnelle. De telles technologies ne nécessitent pas de développement mais doivent être prévues dès la conception (intégration aux spécifications navires). À titre d'exemple, des études de R&T prévoient d'analyser l'architecture existante de génération d'énergie, distribution et consommation des différents équipements, puis de proposer des solutions alternatives pour améliorer l'optimisation de la consommation d'énergie sur des futures plateformes navales.

R24 - Optimiser au cas par cas la propulsion et l'architecture des navires neufs en fonction de leur taille et de leur emploi en privilégiant dès que possible des architectures dites « tout électrique ».

1. Le programme sur les Patrouilleurs Outre-Mer intègre dès la conception des navires, la problématique de la performance énergétique ; performance qui sera vérifiée en 2022.

2. Le programme de patrouilleur océanique prévoit dans l'analyse de la valeur à venir que l'énergie soit incluse parmi les critères de choix dans la recherche d'une conception optimale.

3.3.4. Le milieu aéronautique : tirer parti des développements civils et s'adapter aux contraintes d'intégration

S'appuyer sur la montée en puissance du biojet[46]

Le carburant liquide demeure la seule perspective à moyen terme dans le domaine de l'aéronautique militaire. Les carburants de synthèse apparaissent donc comme la solution de transition entre les carburants conventionnels d'origine pétrolière et les énergies de rupture (hydrogène, autres...). Ils présentent l'avantage, sous certaines conditions, de pouvoir être mélangés aux carburants conventionnels et de pouvoir être utilisés dans les moteurs à combustion, ainsi que dans les turboréacteurs existants sans modification technique (carburants *drop-in*).

Les biocarburants représentent des leviers importants pour décarboner massivement les carburants aéronautiques. Bien que les technologies soient matures, la disponibilité des carburéacteurs synthétiques dépendra essentiellement de la maturité du marché civil et du coût de l'offre. Le prix du biojet est encore aujourd'hui 3 à 4 fois plus élevé que celui du carburéacteur conventionnel.

Il existe aujourd'hui six filières de biocarburants certifiées permettant d'envisager, pour la majorité, jusqu'à 50 % d'incorporation pour une utilisation aéronautique standard.

Une feuille de route nationale a été rédigée par le MTES pour le déploiement des biocarburants aéronautiques durables dans le cadre de l'engagement pour la croissance verte (ECV) signé en 2017 : la trajectoire proposée est l'incorporation de carburéacteur issu des filières bio à hauteur de 0,05 % en 2020, 2 % en 2025, 5 % en 2030, 50 % en 2050. Le ministère s'inscrit dans l'objectif de 2050 et définira sa trajectoire pour y parvenir.

Malgré un coût peu compétitif à ce jour, les études montrent que les biojets apparaissent comme la seule option à moyen terme permettant de décarboner le secteur aéronautique. Le ministère utilisera ces carburants sur les flottes actuelles et les moteurs des programmes futurs, tel que le SCAF, qui seront certifiés.

45 À l'instar du PEA SECU HT débuté en 2018.

46 Cf. annexe 5 - Les biocarburants, vecteurs de décarbonation de la mobilité.

R25 - Se préparer à l'emploi, notamment en matière de logistique, des carburants alternatifs (biocarburants) suivant leur intérêt technico-économique, opérationnel et environnemental, en cohérence avec les développements dans le monde civil. Il s'agira de porter, auprès des filières de biocarburants aéronautiques et en interministériel, les besoins défense et les caractéristiques militaires en termes de carburants biosourcés.

Le MINARM s'engage sur la trajectoire nationale de décarbonation en assurant une consommation minimale de biojet, et se prépare à rejoindre la neutralité carbone en 2050, pour le secteur aérien.*S'adapter aux contraintes d'intégration.*

L'aéronautique civile poursuit l'amélioration du rendement des moteurs et l'hybridation de la propulsion dans le but de réduire les émissions de gaz à effet de serre et de répondre aux différentes contraintes normatives. Ces projets sont financés par la direction générale de l'aviation civile (DGAC) (convention SPHERE), au niveau européen (projet *CleanSky*) ou encore par des plans d'investissement d'avenir (PIA).

Pour les avions de combat, le haut niveau de performances opérationnelles exigé, associé à de fortes contraintes d'intégration ont déjà conduit à une optimisation poussée de la fonction propulsion. Cette démarche devra également prendre en compte l'électrification des équipements à bord en même temps que l'optimisation et le dimensionnement des futurs moteurs. Par ailleurs, des travaux sont conduits pour identifier les technologies à venir comme les moteurs supraconducteurs appliqués à l'aéronautique[47].

Explorer les solutions innovantes en matière d'électrification

L'optimisation de l'énergie électrique à bord des aéronefs, ainsi que l'électrification des fonctions hydrauliques, pneumatiques et mécaniques font également l'objet d'études menées par le secteur civil. La complexité des aéronefs de combat et de leur système d'armes apporte cependant de fortes contraintes contradictoires. Par exemple, l'emploi simultané d'équipements énergivores (radar, guerre électronique, liaisons de données) génère une consommation électrique peu lissée (pics) qui motive un dimensionnement plus conséquent, source de surpoids et d'une moindre élongation. Il s'agit notamment d'étudier pour certaines missions le recours à des plateformes innovantes faiblement carbonées, tels que HAPS (*High Altitude Pseudo Satellite)* et MAPS (*Medium Altitude Pseudo Satellite type Solar Impulse – Skydweller*) qui semblent prometteurs en tant que vecteurs ISR (*information, surveillance et renseignement*) et relais de communication.

R26 - Fournir une expertise technique à la DGAC sur la feuille de route nationale sur la motorisation des aéronefs civils, qu'elle soit propulsive ou non, et veiller à la prise en compte des enjeux énergétiques du ministère dans les futurs programmes :

1. Intégrer les développements civils dans la préparation des programmes militaires ;
2. Explorer les solutions qui permettront de garantir l'apport énergétique nécessaire (par exemple, pour alimenter le radar AESA NG du Rafale) ;
3. Étudier la modernisation de la génération électrique des aéronefs pour disposer de puissances accrues par rapport au dimensionnement existant et de niveau de sécurité constant ;
4. Étudier les possibilités de stockage de l'énergie à bord par une optimisation de la production des alternateurs.

Spécificités des missiles

Dans le domaine très spécifique des missiles, l'énergie est un facteur de premier ordre en termes de performances et de coûts. Ce domaine fait donc l'objet de nombreuses études sur des technologies de piles thermiques plus performantes, sur la propulsion solide, sur la prise en compte des évolutions réglementaires (ex : réglementation REACH), ou sur de nouveaux matériaux énergétiques (à très bas niveau de maturité technologique).

47 RAPID RESUM, RAPID CRYO SUPRA.

3.3.5. Le stationnement : accélérer la mise en œuvre des solutions décarbonées

La gestion optimisée et le stockage sont les deux grands axes de développement aujourd'hui envisagés pour les besoins énergétiques liés au stationnement des armées. Ces pistes s'appuient sur des technologies civiles, comme les batteries lithium-ion, les piles à combustible ou les systèmes de gestion de réseau. Avec des systèmes plus économes en énergie et en eau, les forces armées pourront conserver leur capacité d'action tout en disposant d'un meilleur soutien pour un coût équivalent. En particulier, les modes alternatifs de production d'énergie en opération réduisent l'empreinte carbone des forces et en augmentent la résilience.

Généraliser l'éco-camp en opération[48]

Toute opération engagée sur des théâtres extérieurs s'appuie sur des implantations de circonstance. Le SID en assure la conception, l'exploitation et le maintien en condition des infrastructures et équipements nécessaires à leur fonctionnement, que ce soit pour la vie courante, le soutien technique ou la préparation aux opérations.

Ce soutien est fortement dépendant de flux extérieurs (énergies fossiles, eaux potable et usées, déchets) qui génèrent des coûts logistiques non négligeables, une dépendance importante, des sources potentielles de pollutions accidentelles, des nuisances sonores et olfactives (groupes électrogènes), voire des vulnérabilités. L'énergie électrique nécessaire est produite exclusivement par des groupes électrogènes alimentés en carburant, qui revêtent donc une importance cruciale.

Plusieurs entités des armées et armées étrangères réfléchissent et participent à la mise en place d'installations novatrices notamment en matière d'énergies renouvelables. Cependant il n'est pas observé, à ce jour, de déploiement de solutions globales, pérennes, sécurisées et systématiques qui permettraient d'accroître de manière suffisante l'autonomie en énergie des camps. De plus, apparaît la nécessité de prendre en compte, dès la mise en place d'un camp, l'aspect environnemental pour maîtriser son empreinte pendant et après l'opération.

Pour couvrir les besoins et répondre aux enjeux de transition énergétique, le SID étudie le concept d'Eco-Camp 2025 qui vise à assurer une meilleure autonomie tout en maintenant une qualité du soutien apporté aux forces déployées inchangée. L'idée maîtresse est de tendre vers l'autonomie des camps en opérations afin de diminuer leur vulnérabilité au quotidien et d'augmenter leur résilience.

Cette cible sera atteinte via les orientations suivantes :

- réduction des consommations (eau et énergie) tout en intégrant les nouveaux besoins des forces ;
- production alternative d'eau et d'énergie ;
- optimisation des nouveaux équipements en recherchant des synergies entre les différents équipements d'infrastructure : les déchets des uns pourront faire l'énergie des autres.

Le projet Eco-Camp 2025 avec ses objectifs va permettre de diminuer les consommations d'énergie fossile des camps en stationnement (pour la partie concernant l'infrastructure) pour atteindre -40% en 2030, en recourant aux énergies renouvelables et en améliorant l'efficacité énergétique des équipements de production et terminaux. Cet objectif de diminution est comparable aux objectifs et tendances du plan climat.

48 Annexe 7 - Eco-Camp 2025.

R27 - Une fois les expérimentations finalisées, généraliser le projet Eco-Camp 2025 qui vise à réduire les consommations et augmenter l'autonomie énergétiques des camps déployés en opération :

1. Développer les briques technologiques d'un camp (groupe électrogène hybride, photovoltaïque, bâtiment performant) tendant vers l'autonomie en eau et énergie en s'appuyant sur les technologies civiles entre 2020 et 2022 ;

2. Expérimenter ces dispositifs en opération extérieure entre 2023 et 2025 ;

3. Disposer d'une numérisation de ce modèle de camp pour permettre une planification prospective de déploiement et la maintenance opérationnelle des camps déployés à l'horizon 2028.

Optimiser la gestion de l'énergie et décarboner le stationnement

Outre le projet Eco-Camp 2025, d'autres pistes d'optimisation sont explorées. Ainsi, les résultats de l'expérimentation conduite par l'armée de l'Air sur la base projetée H5 en Jordanie, et du PEA GENALT (démonstrateur de gestion d'énergie électrique dans les grands camps d'OPEX[49]) ont montré l'intérêt d'intégrer les technologies bas carbone (*smart grid*, énergies renouvelables, stockage électrique). Une économie de 15 % de carburant a été constatée, mais des conditions difficiles d'emploi en OPEX (température, sable) en restreignent pour l'heure la généralisation.

Par ailleurs, des briques technologiques sont expérimentées à l'instar du projet ENSSURE (autosuffisance et résilience d'un site militaire), de SOLTHAIR (centrale solaire thermique à concentration déployable en OPEX) ou d'OPERASOL (des panneaux photovoltaïques en matériaux composites déployables sur le toit des tentes).

De son côté, l'armée de Terre mène avec la DGA le projet innovant ARPEGE[50] visant à homogénéiser le parc de groupes électrogènes sur la base d'un système (production – gestion – distribution) unique de technologie moderne. Il permettra d'améliorer la souplesse d'emploi et de soutien, ainsi que l'autonomie des unités déployées. Il pourra également trouver une application en secours sur le territoire national. Il pourra enfin intégrer l'hybridation énergétique consistant à coupler différentes sources d'énergies pour offrir une solution autonome, économe et souple d'emploi.

L'usage de l'hydrogène, comme énergie alternative, sur les camps est également étudié par le SID, de même que l'emploi de groupes électrogènes hydrides associant le recours au photovoltaïque et au stockage.

Ces diverses briques d'innovation technologique pourront être intégrées dans des systèmes de production d'énergie optimisées pour les bases projetées comme pour les emprises du ministère sur le territoire national.

Les technologies *small modular reactor (SMR)* et *micro modular reactor (MMR)*, étudiées en particulier par l'armée américaine, présentent des opportunités pour décarboner le stationnement des forces, mais également de fortes contraintes sécuritaires, ainsi que des risques opérationnels. La question du nucléaire étant traitée par ailleurs, cette technologie n'a pas été prise en compte dans le cadre de cette étude. Il s'agira néanmoins d'assurer une veille sur les évolutions et les développements à l'international de cette technologie.

R28 - À partir des expérimentations conduites sur le territoire national, étudier l'intégration des EnR, le remplacement des groupes électrogènes et l'emploi de l'hydrogène sur les emprises et en opération :

1. Lancer l'expérimentation pour le 2e semestre 2020 d'un GE hydrogène-photovoltaïque aux Îles Glorieuses ;

2. Lancer l'expérimentation pour 2e semestre 2020 d'un GE hybride photovoltaïque-diesel en Guyane.

49 >200 personnes.

50 Appareil répartiteur de production électrique et de gestion d'énergie.

4. Ajuster notre degré d'autonomie stratégique au juste besoin opérationnel

Les matières premières, les technologies, l'innovation et les capacités de production, de transformation et de transport échappent pour une très large part à la sphère nationale et européenne. Dans un souci de recherche d'autonomie stratégique, il convient d'analyser précisément l'état des dépendances et d'identifier ce qui ressort de la souveraineté nationale ou de dépendances mutuelles qui peuvent être consenties en coopération avec nos partenaires, ce qui nécessite une vigilance particulière vis-à-vis de domaines stratégiques civils, et enfin ce qui ne présente pas d'enjeu d'autonomie particulier.

L'importance grandissante du domaine énergétique justifie de mener une analyse de la Base industrielle de technologies de Défense (BITD) sous cet angle. Il s'agit d'identifier et le cas échéant promouvoir ou soutenir les acteurs, filières et compétences existantes au regard des besoins de défense. Lorsque les investissements nécessaires s'avèrent hors de portée financière des entreprises nationales, des partenariats européens seront recherchés en vue de mutualiser les efforts. Des partenariats seront également développés pour répondre aux besoins opérationnels, notamment au sein de l'OTAN.

4.1. Identifier et maîtriser les dépendances technologiques et industrielles

Compte tenu de la vitalité et de la taille du marché, les équipements et infrastructures de défense s'appuient autant que possible sur les technologies issues du secteur civil de l'énergie. Néanmoins, quelques exceptions font l'objet de développements au profit direct de la défense, comme la propulsion nucléaire, les piles thermiques ou à eau de mer, certaines batteries, les moteurs d'avions de combats, et les technologies d'énergie impulsionnelle pour les armes à énergie dirigée ou le canon électrique. Pour autant, il n'existe aujourd'hui pas de « BITD de l'énergie » identifiée formellement par la DGA. Ponctuellement, ces domaines technologiques spécifiques à la défense peuvent irriguer en retour le secteur civil, par exemple des parties chaudes pour les moteurs d'avions.

L'accès aux technologies de l'énergie nécessaires à l'équipement des forces et, le cas échéant, leurs conditions d'exportation constituent un enjeu crucial pour le ministère. En fonction de l'ouverture du marché, du niveau de performance requis, et des applications potentielles de ces technologies, une maîtrise nationale (ex. les piles thermiques) ou européenne (ex. propulsion terrestre), ou encore une dépendance au marché international (ex. composants de l'électronique de puissance) seront recherchées ou consenties selon les cas, avec un souci constant de sécurisation des approvisionnements.

Cœur souverain

Afin de maîtriser l'accès aux technologies civiles de l'énergie, des outils ont été mis en place pour contrôler les investissements étrangers et les exportations. Ainsi, le ministère des Armées fournit des avis sur le contrôle des investissements étrangers, *via* des échanges interministériels animés par la Direction générale du trésor (DGT). En outre, certaines technologies, comme les batteries à forte capacité[51], sont soumises au contrôle des biens à double usage et ne sont libres de circulation qu'à l'intérieur de l'UE et des États occidentaux. Enfin, d'autres technologies telles que les batteries à forte densité de puissance, sont considérées comme des technologies de l'armement et nécessitent une autorisation pour être exportées.

Partenariats européens et dépendances consenties

Les batteries représentent un marché dominé par l'Asie et tiré par le secteur civil, en raison des grands volumes d'approvisionnement nécessaires sur diverses applications, notamment avec le développement dans le civil des véhicules électriques et hybrides. Mais des initiatives se mettent en place au niveau européen avec le projet d'« Alliance européenne des batteries » auquel participe le champion français des batteries, SAFT.

S'agissant des technologies nécessitant une maîtrise au niveau européen figurent notamment celles nécessaires à la propulsion des équipements et des plateformes. En effet, les moteurs diesels des véhicules militaires terrestres sont développés à partir de moteurs civils, majoritairement approvisionnés en Europe [52]puis adaptés au carburant militaire par réglage de leur injection. L'aviation de combat qui a des besoins

51 >350 Wh/kg.

52 Principaux fournisseurs : PSA, Volvo, Scania, Cummins, Iveco, Ford.

souverains s'appuie également sur une dimension européenne. En attendant, le moteur du Rafale, le moteur du NGF et les turboréacteurs des missiles sont produits par SAFRAN.

Par ailleurs, le Fonds Européen de Défense représente une formidable opportunité pour les projets visant à constituer une filière européenne pour les futures technologies d'intérêt militaire, telles que l'alimentation des armes à énergie dirigée ou le développement des réseaux électriques haute tension en courant continu sur les navires. Le développement de technologies civiles déclinables pour un usage militaire telles que les biocarburants, les moteurs supraconducteurs ou les technologies à base d'hydrogène, permettront également de développer de nouvelles filières françaises ou européennes, en pointe sur les marchés mondiaux.

R29 - Dans les domaines identifiés comme stratégiques, assurer la maîtrise nationale des technologies de l'énergie d'emploi militaire en maintenant une BITD accessible grâce à :

1. L'accompagnement des entreprises de la BITD française actives dans le domaine de l'énergie, notamment dans le cadre des investissements étrangers en France ;

2. Une pluralité de fournisseurs pour les technologies duales ;

3. L'appui sur nos partenaires européens.

4.2. Développer des coopérations stratégiques

Le ministère des Armées n'est pas en mesure de développer et de rentabiliser à lui seul des filières françaises dans le domaine de l'énergie. La mise en place de coopérations avec nos partenaires et au sein des organisations et institutions (UE et OTAN) s'avère donc incontournable. Le besoin d'interopérabilité nécessite par ailleurs des efforts constants de standardisation et de normalisation du domaine de l'énergie.

4.2.1. Valoriser les enceintes européennes pour développer des coopérations dans le domaine de l'énergie opérationnelle

Le renforcement de l'Europe de la défense s'accompagne depuis 2017 de plusieurs initiatives des États membres et des institutions européennes, dont certaines ont vocation à nourrir la coopération dans le domaine de l'énergie.

Tirer parti du rôle pilote de la France pour le projet « Fonction énergie opérationnelle »

La coopération structurée permanente (CSP), lancée en décembre 2017 par 25 États membres de l'UE, est un vecteur prioritaire de coopération dans le domaine de la défense. Dans ce cadre, la France pilote le projet « Fonction énergie opérationnelle » (FEO) auquel participent l'Espagne, l'Italie et la Belgique. Il s'agit de développer une approche opérationnelle de l'énergie afin d'augmenter l'autonomie et la résilience des forces et d'accroître leurs performances opérationnelles. Trois axes de développement sont plus particulièrement identifiés :

- **l'efficacité énergétique des camps déployables :**
  - *diminuer la consommation énergétique sans impact sur le niveau de service ;*
  - *développer des standards européens communs et favoriser l'interopérabilité.*

Le projet français Eco-Camp présenté plus haut sera proposé pour fédérer les réflexions des pays partenaires et observateurs sur ce sujet.

- **la standardisation des batteries pour la mobilité opérationnelle :**
  - *proposer des standards européens pour les batteries des véhicules terrestres déployés en opération ;*
  - développer une organisation industrielle européenne pérenne dans ce domaine ;
  - étudier la pertinence d'une phase de démonstration sur la base de prototypes.

• **Le développement d'un outil commun d'appui à la planification opérationnelle énergie :**
  • développer un outil de simulation permettant d'optimiser le mix-énergétique en opération pour réduire la consommation en énergie et garantir la résilience des forces.

Assurer le suivi des projets énergie développés au sein de l'Agence européenne de défense

L'Agence européenne de défense (AED) favorise les appels à projets publiés au sein de l'UE, sur la base des besoins capacitaires identifiés conjointement entre les États membres.

Dans le domaine de la recherche, le plan stratégique d'ensemble OSRA[53] vise à identifier les futurs domaines de coopération européenne, déclinés en *Technological Building Blocks* (TBB). L'OSRA est constamment consolidé sur la base des travaux des États membres et des entreprises avec l'aide de l'AED. Ainsi, la France s'est-elle engagée dans le TTB n°1 - Alternative fuels and drive - propulsion systems – dont l'objectif est d'examiner les impacts directs et indirects de l'utilisation de carburants alternatifs (drop-in ou de rupture) dans les équipements militaires (performances dans des conditions d'utilisation sévères, discrétion acoustique, logistique associée, comportement au stockage longue durée, question de la contamination bactérienne et microbienne, compatibilité avec la politique de carburant unique…) et d'évaluer si les futurs carburants pourraient améliorer les performances des moteurs.

L'Agence anime par ailleurs, un groupe de travail spécifique consacré au management de l'énergie et à l'efficacité énergétique des bâtiments. Il a notamment permis la création d'une communauté d'intérêt autour du projet ENSSURE sur l'autonomie énergétique d'un site militaire, auquel participe la France. Ce projet sera proposé à un financement par des fonds européens.

Dans son rôle d'interface entre les États membres et à la demande de la Commission européenne, pour les questions de défense, l'AED anime également un forum de consultation sur l'énergie renouvelable dans le domaine de la défense et de la sécurité (*Consultation Forum for Sustainable Energy in the Defence and Security Sector*, CF SEDSS). Lancé en 2015 à l'initiative de la Commission européenne dans le cadre du programme-cadre de recherche et d'innovation Horizon 2020, le CF SEDSS entre aujourd'hui dans sa troisième phase avec pour objectif d'identifier les financements disponibles pour des actions de recherche et d'innovation dans le domaine de l'énergie de défense.

Susciter et soutenir des projets dans le cadre des programmes européens

• **Le Fonds européen de défense (FEDef) :**

En 2016, la Commission européenne a proposé la création d'un Fonds européen de la défense (FEDef), doté potentiellement de 13 milliards d'euros sur la période 2021-2027, dans le but de renforcer la coopération en matière de recherche et développement dans le domaine de la défense. La France a joué un rôle moteur dans les négociations du règlement instituant ce fonds FEDef et a proposé plusieurs projets dans le cadre des programmes pilotes que sont l'action préparatoire pour la recherche en matière de défense (APRD) et le programme européen de développement de l'industrie de défense (PEDID). La composante « énergie » a dès ces actions préparatoires, été prise en compte, comme par exemple au travers du projet PILUM pour le développement d'un démonstrateur de canon électrique (confié à l'Institut Saint Louis), retenu dans le cadre de l'APRD.

Le ministère est fortement mobilisé pour voir intégré aux programmes de travail du FEDef, des actions utiles aux armées dans le domaine de l'énergie.

• **Horizon Europe :**

Le programme-cadre de recherche et d'innovation de l'UE pour la période 2014-2020 « Horizon 2020 » a consacré 5,9 milliards d'euros à la recherche sur l'énergie durable. Ce budget pourrait être porté à 94,1 milliards d'euros dans le prochain programme-cadre pour la période 2021-2027, Horizon Europe. Ce dernier devrait comporter deux missions qui concerneront directement l'énergie.

Si les projets d'intérêt défense sont proposés au financement du FEDef, le ministère des Armées conduira une veille active des projets énergie sélectionnés dans le cadre d'Horizon Europe, compte tenu de l'importance des technologies civiles dans la stratégie énergétique du ministère. Pour ce faire il s'appuiera sur un dialogue renforcé avec le ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation (MESRI), auquel il fera connaître ses domaines d'intérêt et ses spécificités.

53 Overarching Strategic Research Agenda

Porter un projet de centrale d'achat de produits pétrolier au niveau européen

En s'appuyant sur l'expertise et l'expérience du SEA en matière d'achats de produits pétroliers à l'international, la France proposera d'étudier un projet de centrale d'achat de produits pétroliers au profit des forces armées de l'UE, permettant ainsi de soutenir la construction d'une Europe de la défense. L'objectif de la centrale d'achat est de massifier les achats pour générer une réduction des coûts sur les produits et de doter les armées européennes d'une structure réactive et adaptée au soutien énergétique des forces. Cette entité pourrait également intégrer la Grande-Bretagne. Ses missions principales seraient :

- la recherche de ressource en carburants nécessaire à une activité efficiente des États membres de l'UE et de la Grande-Bretagne jusqu'à leur mise à disposition ;
- le conseil, sans mise à disposition de moyens (RH et équipements), aux nations clientes.

L'étude porterait sur les points suivants :

- identifier les État membres souhaitant participer à ce projet ;
- déterminer le statut juridique de l'agence, sa capacité juridique à acquérir et vendre des produits pétroliers sur des territoires européens à des clients étrangers sur leur propre territoire (consommation intérieure) ;
- déterminer le segment d'achat (carburants et combustibles de navigation distribués sur secteur civil – approvisionnement portuaire,) cartes accréditives pour les réseaux de stations-service et avitaillement aviation ;
- déterminer les coûts de fonctionnement et de masse salariale et leur mode de financement.

La création d'une telle agence représente une opportunité pour la France de se positionner comme moteur pour le développement d'une défense européenne. Si le SEA présente de nombreux atouts pour piloter ce projet (expertise en achat de produits pétroliers, existence du compte de commerce), il doit néanmoins en mesurer les risques potentiels sur l'approvisionnement des forces armées françaises.

R30 - Soutenir le développement de projets transverses ou capacitaires en matière d'énergie au sein de l'Union européenne dans le cadre de la coopération structurée permanente (CSP) et de l'agence européenne de défense (AED) , en recherchant des financements auprès du fonds européen de défense (FEDef) et Horizon Europe :

1. Dès 2020, animer le projet CSP *Fonction Énergie Opérationnelle* et favoriser la CSP pour orienter l'ensemble des travaux européens dans le domaine énergétique :
   - Énergie dans les camps ;
   - Adaptation des batteries au cadre militaire ;
   - Outil de planification opérationnelle.

2. Depuis 2018, participation aux actions AED en matière d'énergie (R&D et capacitaire) et au forum de consultation de l'AED pour l'énergie durable dans le secteur de la défense *Consultation Forum for Sustainable Energy in the Defence and Security Sector.*

3. Accueillir un Consultation Forum énergie en France pendant la présidence française à l'UE en 2022 ;

4. Soutenir la démarche initiée auprès de la commission pour voir aboutir la thématique énergie au sein du FEDef.

R31 - Étudier un projet d'achat en commun de produits pétroliers au profit des ministères européens de la défense à l'horizon 2030.

4.2.2. Coopérations stratégiques et opérationnelles au sein de l'OTAN

La politique de sécurité énergétique au sein de l'OTAN

Au-delà de son rôle historique en matière de standardisation, l'OTAN s'est saisie progressivement des questions liées à l'énergie dans le domaine de la défense par :

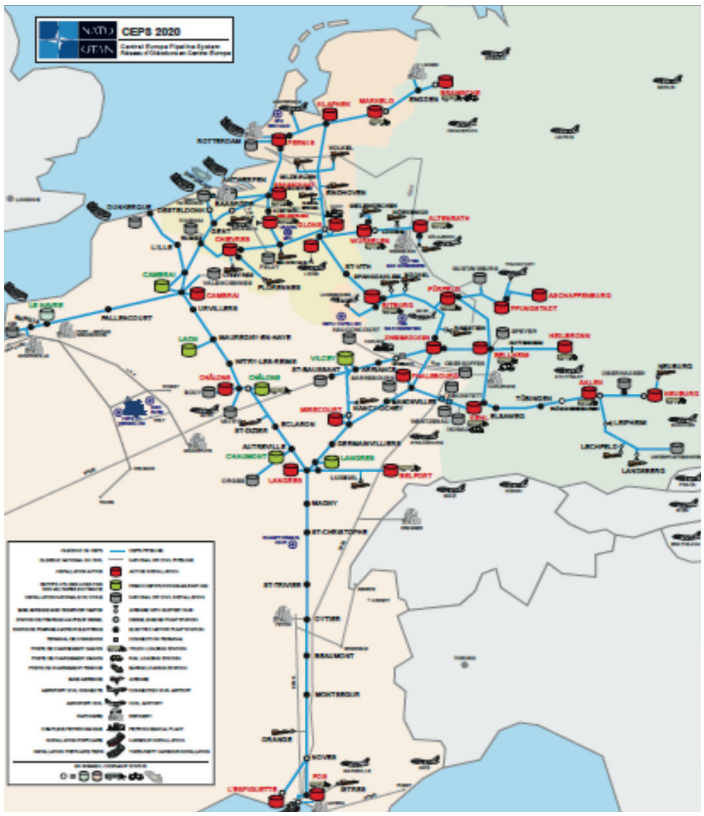
- la définition de son rôle en matière de sécurité énergétique lors du sommet de Bucarest en 2008 ;
- la création du centre d'excellence pour la sécurité énergétique (ENSEC COE) créé en 2012 à Vilnius ;
- l'adoption du cadre pour la défense verte en février 2014.

En revanche, bien que l'OTAN ne dispose pas de moyens significatifs dans le domaine de la recherche et que peu de projets sont menés à l'ENSEC COE, son approche pour la recherche s'appuie sur trois piliers :

- le renforcement de la conscience stratégique (Enhancing Strategic Awareness) qui promeut un meilleur échange de l'information et du renseignement entre les États membres de l'Organisation, ainsi que le renforcement des liens institutionnels ;
- l'appui à la protection des infrastructures critiques qui comprend des exercices, le partage des bonnes pratiques, l'entraînement et l'audit des moyens de soutien ;
- le renforcement de l'efficience des forces militaires par la réduction de leur dépendance aux combustibles fossiles, l'utilisation d'énergies alternatives et propres, la simplification et la normalisation des carburants, ainsi que la diversification des fournisseurs d'énergie.

Capacité stratégique du réseau d'oléoduc en centre Europe de l'OTAN (CEPS)

Géré par les nations hôtes et les États-Unis, le réseau oléoduc CEPS est une capacité militaire de transport massif de produits pétroliers raffinés (5 314 km de réseau répartis sur 5 pays[54]) et de stockage massif de carburéacteur (1,2 millions de m^3). Ce réseau militaire aux caractéristiques uniques au monde (maillé, multinational, fonctionnement en banque pour le carburéacteur[55], réversible, capacités étendues) constitue une capacité stratégique pour le soutien des opérations de l'OTAN en Europe et des forces françaises, ainsi que pour la résilience du soutien pétrolier, tant au profit des forces que de l'économie française.



Mode d'approvisionnement sûr et à faible empreinte environnementale par rapport aux autres modes de transport[56], le CEPS contribue à la sécurité énergétique nationale en transportant du carburéacteur au profit de l'économie française, et au soutien des forces françaises.

Ce réseau permet de constituer les stocks stratégiques du ministère et confère aux forces une capacité de soutien et de résilience majeure en cas de crise.

Le CEPS revêt un caractère vital pour le soutien pétrolier d'une opération sur le continent européen, comme l'ont montré les opérations aériennes de l'OTAN contre la Serbie en 1999.

Soutien pétrolier multinational (Modular Combined Petroleum Unit (MCPU))

Les unités multinationales modulaires de soutien pétrolier émanent d'un projet en coopération de 9 nations[57] pour le soutien énergétique d'une force multinationale. Issu d'un projet OTAN « *smart defense* » en 2016, cette capacité permet de partager des moyens pour le déploiement d'une chaîne de soutien pétrolier complète en soutien d'une opération de haute intensité, sous la direction d'une nation cadre. La standardisation

54 France, Allemagne, Pays-Bas, Belgique, Luxembourg.

55 Fonctionnement en système de banque : tout client du CEPS peut s'approvisionner en carburéacteur en tout point du CEPS grâce au système de banque, dès lors qu'il recomplète par la suite le réseau via l'un des points d'entrée, à hauteur des volumes qui lui ont a été approvisionnés.

56 Le transport par oléoduc génère 3 fois moins d'émission de gaz à effet de serre que le transport par barge, 4 fois moins que le transport par voie ferrée et 5 fois moins que le transport par camion-citerne.

57 (FR/US/UK/DE/ES/IT/LU/TU/BE).

des procédures et de l'organisation MCPU[58] en garantit la mise en œuvre réactive et efficace. Cette capacité a été déployée lors des exercices OTAN (*Trident Juncture* en Norvège et Espagne, *Capable Logistician*) et en opération au Mali. Elle assurera le soutien de l'alerte NRF[59] de l'OTAN en 2022.

Cadre intégrateur efficace de moyens de soutien pétrolier, les unités MCPU permettent le partage des efforts au sein d'une coalition et développent entre alliés l'interopérabilité, l'entraînement et les savoir-faire pétroliers.

Ce rôle d'intégrateur pourrait être étendu aux énergies alternatives, notamment celles nécessaires au fonctionnement des camps déployés, et ainsi contribuer à la promotion des innovations en matière d'énergie renouvelable et d'efficacité énergétique dans le cadre d'une opération multinationale.

Coopérations coordonnées au sein du comité pétrolier de l'OTAN

Le comité pétrolier OTAN est l'entité de référence en matière de politique du soutien pétrolier et de standardisation des carburants et équipements pétroliers. Ce comité, essentiellement centré sur les carburants, offre un cadre privilégié d'échanges entre États sur les questions d'interopérabilité, de soutien opérationnel et sur des projets en coopération (exemple MCPU, CEPS, exercices OTAN, etc.).

La transition énergétique et ses conséquences pour les armées sont généralement traitées de manière sectorisée (environnement, infrastructure, sécurité énergétique, logistique…). Pourtant, le décloisonnement des réflexions apparaît indispensable pour la maîtriser et en assurer une déclinaison opérationnelle efficace et coordonnée.

L'OTAN pourrait constituer un forum pertinent pour promouvoir l'approche globale de l'énergie opérationnelle dans laquelle le ministère des Armées s'engage. La France pourrait ainsi soutenir l'élargissement du champ de responsabilité du comité pétrolier aux énergies alternatives en proposant notamment le développement de projets d'efficacité énergétique en opération et en coordonnant les réflexions sur les énergies alternatives et l'interopérabilité. Il s'agirait de rassembler les acteurs autour des questions d'interopérabilité liées aux nouvelles énergies (énergies alternatives, batteries, smart camps, etc.) et au management de l'énergie en opération. Il s'appuiera sur l'ENSEC COE[60], le commandement de la transformation (ACT) et un comité pétrolier aux compétences élargies et à l'influence renforcée. Ce dernier pourrait notamment se pencher sur :

- la promotion des énergies alternatives pour améliorer la performance opérationnelle (autonomie, flexibilité, mobilité) et développer les standards relatifs à la transition énergétique ;
- le stockage de l'électricité du stationnement et de la mobilité, ainsi que le soutien logistique afférent ;
- la contribution à la mise en œuvre de la feuille de route énergie OTAN consacrée au rôle de l'OTAN dans les aspects militaires de la sécurité énergétiques.

La France dispose de plusieurs atouts, en particulier une expertise reconnue au sein du comité et une connaissance fine du réseau énergie de la structure de commandement OTAN, qui pourrait être un bon vecteur d'influence et d'informations.

R32 - Promouvoir l'énergie opérationnelle au sein de l'OTAN :

1. soutenir les travaux de normalisation et de standardisation sur l'énergie opérationnelle au siège de l'OTAN et élargir le champ de responsabilité du comité pétrolier aux énergies alternatives en proposant notamment le développement de projets d'efficacité énergétique en opération et en coordonnant les réflexions sur les énergies alternatives et l'interopérabilité ;

2. soutenir le concept d'unité pétrolière multinationale modulaire (MCPU) et proposer l'organisation d'un exercice de coopération sur les énergies en opération intégrant les briques de type Éco-camp 2025 ;

3. Appuyer l'ENSEC COE lituanien à Vilnius en expertise énergétique pour étendre son champ d'action au soutien opérationnel énergie.

58 STANAG 7237 en cours de ratification.

59 NATO Response Force.

60 Centre d'excellence sur la sécurité énergétique (situé à Vilnius), dont la France arme le poste de directeur adjoint.

Coopérations en bilatéral avec nos partenaires européens

Les futurs systèmes tels que le SCAF ou le futur char MGCS pour lequel l'hybridation de la motorisation est à l'étude, représentent des axes privilégiés de coopération avec nos partenaires européens sur ces programmes, en matière de réduction d'impact carbone des systèmes.

Ces coopérations avec l'Allemagne viennent compléter les coopérations en matière d'énergie, déjà existantes par exemple au travers de l'Institut franco-allemand de Saint-Louis (ISL). Dans le cadre de ses travaux sur les canons électriques, l'ISL, leader européen dans le domaine, mène des recherches de pointe sur des alimentations électriques impulsionnelles de forte puissance et compactes, avec la perspective d'une intégration future sur les plateformes militaires. Les travaux de recherche conduits par l'ISL sur les traitements embarqués pour capteurs contribueront également à la réduction de la consommation électrique des systèmes d'armes.

Des travaux de R&T en coopération avec le Royaume-Uni ont été mis en place sur le projet FCAS TDC, et une réflexion est en cours pour approfondir la coopération dans le domaine de l'énergie au vu des enjeux communs qui se présentent sur ce sujet.

Enfin, les travaux communs avec l'Italie notamment dans le domaine naval, devront prendre en compte la question de l'optimisation de la consommation d'énergie des plateformes navales, dans le cadre de la R&T commune.

Coopérations en bilatéral avec les USA

Des accords bilatéraux avec les USA sont formalisés sous forme de *Data Exchange Agreement* (DEA) pour permettre des échanges d'informations sur des projets en cours et l'identification d'éventuels sujets d'interopérabilité.

D'autre part, la France prend part aux discussions à l'ASTM pour la certification des biocarburants pour le secteur aéronautique. À ce jour, six filières de biocarburants ont été certifiées par l'ASTM (ASTM D7566) permettant jusqu'à 50 % d'incorporation pour une utilisation aéronautique.

R33 - Faire de l'énergie dans sa composante opérationnelle autant que capacitaire, un axe de coopération dans nos échanges bilatéraux avec nos alliés.

5. Adapter la gouvernance énergie aux ambitions du ministère

Domaine non organique et transverse par nature, l'énergie est actuellement appréhendée par chacun des services du ministère de manière dispersée et cloisonnée, chacun dans son domaine de compétence. L'énergie des infrastructures est traitée par le SID (SGA), la logistique pétrolière par le SEA (EMA), tandis que les programmes d'armement sont de la responsabilité de la DGA. La prise en compte par le ministère, de l'évolution mondiale en matière d'énergie nécessite de coordonner davantage les travaux tant organiques, qu'opérationnels et capacitaires, tout en y associant la réflexion stratégique.

Cette approche est indispensable pour répondre aux enjeux de la transition énergétique et aux contraintes croissantes du domaine. Afin de décloisonner et de coordonner les acteurs, de veiller à la bonne prise en compte des objectifs portés par la présente stratégie, une gouvernance globale doit être mise en place.

Cette gouvernance comprendrait trois niveaux[61] : un COMEX, un Comité énergie et quatre piliers thématiques (concernant l'énergie opérationnelle, l'énergie dans les infrastructures, les relations internationales et stratégiques, le capacitaire et l'innovation).

5.1. Niveau 1 : Un comité exécutif décisionnel

Présidé par la ministre, un Comité exécutif (COMEX) se réunit une fois par an, ou sur décision de la ministre, pour arbitrer les décisions nécessaires à la mise en œuvre de la stratégie énergétique de défense.

5.2. Niveau 2 : Un comité ministériel unique en charge de l'énergie

Le comité ministériel énergie (CME) coordonne et organise la mise en œuvre de la stratégie énergétique de défense. Il se réunit une à deux fois par an. Le secrétariat est assuré par la division énergie opérationnelle (EO) de l'EMA et le haut fonctionnaire au développement durable (HFDD) de manière à favoriser les interactions entre l'ensemble des composantes touchant à l'énergie au sein du ministère. Il regroupe les représentants des grands subordonnés de la ministre (CEMA, DGA, SGA, DGRIS), ainsi que les responsables des piliers thématiques (présentés ci-après). La direction des affaires juridiques (DAJ), ainsi que des participants ponctuellement concernés (ex. la DPID) apportent leur expertise.

La participation de l'ensemble des acteurs favorise les interactions et le traitement des sujets transverses. La règle du consensus garantit en outre une bonne prise en compte des spécificités et des prérogatives de chacun. Enfin, le comité énergie définit l'ordre du jour du COMEX et coordonne les travaux des différents piliers en conséquence.

5.3. Niveau 3 : Quatre piliers thématiques aux responsabilités affirmées

Quatre piliers sont constitués autour des différents domaines qui concernent l'énergie : l'énergie opérationnelle, l'énergie des infrastructures, les relations internationales et stratégiques, le capacitaire et l'innovation. La mission de chaque pilier permet de s'assurer que la thématique est bien prise en compte au sein du ministère. Chaque pilier pourra mener des réflexions et des travaux au vu des questions que le ministère devra prendre en compte dans les années à venir.

Chaque pilier mobilise l'ensemble des compétences requises et est piloté par un acteur responsable :

- Le pilier « Relations internationales et stratégie » est piloté par la DGRIS ;
- Le pilier « Énergie opérationnelle » est piloté par l'EMA/Division EO ;
- Le pilier « Capacitaire et Innovation » est piloté par la DGA et l'AID ;
- Le pilier « Énergie des infrastructures » est piloté par la DCSID.

61 Cf. annexe 8 – Gouvernance

Pilier « relations internationales et stratégie » porté par la DGRIS

Le pilier Relations internationales et stratégie, piloté par la DGRIS, produit des analyses stratégiques sur les enjeux géopolitiques relatifs aux domaines de l'énergie afin d'identifier et de prioriser les zones géographiques pour lesquelles l'énergie constitue un facteur structurant (sécurisation des flux).

En matière de coopérations, il a pour mission de :

- Identifier en amont avec les services concernés les États et les thématiques à aborder en matière de coopération ;
- Coordonner l'ensemble des interactions avec les acteurs à l'international : coopérations UE (dont AED), OTAN, bilatérales et soutenir les services compétents au regard de leurs responsabilités (DGA pour l'AED, le Fond européen de défense, coopérations armement ; EMA pour l'axe OTAN, la CSP) ;
- Veiller à la prise en compte des spécificités du ministère des Armées dans les initiatives politiques prises au sein de l'UE en matière d'énergie, de climat/défense et d'environnement.

Pilier « énergie opérationnelle » porté par l'EMA/DivEO

La mission du pilier énergie opérationnelle est de traiter, hors du domaine nucléaire, les questions relatives aux énergies nécessaires aux fonctions opérationnelles et à la réalisation du contrat opérationnel des armées.

Il coordonne les actions de l'ensemble des acteurs concernés en vue de :

- Élaborer, piloter et mettre en œuvre la politique de l'énergie opérationnelle et en suivre les résultats ;
- Déterminer les besoins et le schéma directeur résilience, et en élaborer les scenarii tests ;
- Déterminer et satisfaire efficacement les besoins en énergie pour les opérations ;
- Contribuer à la planification des opérations en élaborant les outils de situation énergétique de théâtre ;
- Développer l'axe énergie opérationnelle au sein de l'OTAN ;
- Contribuer aux choix énergétiques des programmes ;
- Piloter la fonction opérationnelle énergie de la CSP.

Pilier « capacitaire et innovation » porté par la DGA-AID

Ce pilier capacitaire et innovation élabore les choix en matière d'énergie dans la préparation et la conduite des opérations d'armement. Il contribue à la cohérence des actions et des coopérations touchant à l'énergie dans les plans et programmes en matière d'armement, de recherche, des technologies et d'industrie, ainsi que des orientations en matière d'infrastructure et d'énergie de mobilité.

Il veille à la cohérence des activités liées à l'énergie avec la politique ministérielle d'innovation et favorise les actions innovantes sur les nouvelles énergies et technologies associées. Il assure également le suivi des actions de coopération en matière d'armement et de recherche et technologie dans le domaine de l'énergie.

Enfin, ce pilier participe aux actions interministérielles touchant aux équipements et systèmes (certifications, technologies, réglementations…) et assure la veille des technologies civiles. Il suit également les investissements étrangers dans l'industrie, en lien avec la DGT.

Pilier « énergie des infrastructures » porté par le SID

Ce pilier Énergie des infrastructures traite, dans la continuité de ses missions conduites depuis 2013, l'ensemble des questions relatives aux énergies consommées par le parc immobilier et ses équipements. Il a pour principales missions de :

- Proposer la politique énergétique du ministère visant à mettre à disposition des armées, directions et services des infrastructures performantes et répondant aux objectifs opérationnels ;
- Piloter et conduire les actions de la stratégie ministérielle de performance énergétique, réduction des consommations et des émissions de gaz à effet de serre, et en rendre compte ;
- Piloter les actions des acteurs de la fonction Énergie de l'infrastructure au sein du ministère et les informer des évolutions du contexte réglementaire pour les unités stationnées ;
- Suivre les consommations et l'usage fait des énergies, hors carburants opérationnels, en veillant à la sécurité des données issues des systèmes de management de l'énergie des infrastructures ;

- Déterminer les besoins en compétences et adapter les filières métier de l'énergie d'infrastructure au sein du ministère.

Pour ces missions, le pilier s'appuie en central sur un comité Énergie Eau des infrastructures présidé par le directeur central du SID. Au niveau des bases de défense, le comité mixte énergie-eau local (CMEEL) assure le relais au niveau des unités soutenues.

R34 - Se doter d'une gouvernance ministérielle intégrée garantissant une approche décloisonnée et cohérente de la fonction énergie au sein du ministère et en interaction avec le civil et les partenaires étrangers.

Glossaire

AED : Agence européenne de défense

AID : Agence de l'innovation de défense

AIE : Agence internationale de l'énergie

ANSSI : Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information

APRD : Action préparatoire pour la recherche en matière de défense

ARPEGE : Appareil répartiteur de production électrique et de gestion d'énergie

BITD : Base industrielle et technologique de défense

CEPS : *Central European Pipeline System*

CF SEDSS : *Consultation Forum for Sustainable Energy in the Defence and Security Sector*

CMELL : Comité mixte énergie-eau local

COMEX : Comité exécutif

CPCO : Centre de planification de conduite des opérations

CSP : Coopération structurée permanente

DAF : Direction des affaires financières

DEFNET : *Defence Network*

DGA : Direction générale de l'armement

DGAC : Direction générale de l'aviation civile

DGT : Direction générale du trésor

DMA : diesel marine A

DOID : Document d'orientation de l'innovation de défense

DRM : Direction du renseignement militaire

ECA : *Emission Control Area*

ECV : Engagement pour la croissance verte

EMA : État-major des armées

EnR : Énergies nouvelles renouvelables

ENSEC COE : *ENergy SECurity Center of Excellence*

ENSSURE : *ENergy Self SUfficient REsilient military base*

EO : Énergie opérationnelle

FEDef : Fonds européen de défense

FEO : Fonction énergie opérationnelle

FREMM : Frégate multi-mission

GES : Gaz à effet de serre

GNL : Gaz naturel liquéfié

HAPS : *High Altitude Pseudo Satellite*

HFDD : Haut fonctionnaire au développement durable

ISL : Institut Saint-Louis

MAP : Mission d'aide au pilotage

MAPS : *Medium Altitude Pseudo Satellite*

MARPOL : *Marine pollution* (Convention internationale pour la prévention de la pollution)

MCO : Maintien en condition opérationnelle

MCPU : *Modular Combined Petroleum Units*

MESRI : Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation

MGCS : *Main Group Combat System*

MMR : *Micro Modular Reactor*

MTES : Ministère de la transition écologique et solidaire

NSPA : *NATO Support and Procurement Agency*

OPEX : Opérations extérieures

OSRA : *Overarching Strategic Research Agenda*

OTAN : Organisation du traité de l'Atlantique nord

PEDID : Programme européen de développement de l'industrie de défense

R&D : Recherche et développement

R&T : Recherche et technologie

RCU : Réseaux de chaleurs urbains

REM : Référentiel des emplois ministériels

S2I : Systèmes informatiques d'infrastructure

SCA : Service du commissariat des armées

SCAF : Système de combat aérien du futur

SEA : Service des essences des armées

SFP : *Single fuel policy* (politique du carburant unique)

SGAE : Secrétariat général des affaires européennes

SIAG : Systèmes d'information, d'administration et de gestion.

SID : Service d'infrastructure de la défense

SIOC : Systèmes d'information opérationnels et de communication

SIST : Systèmes d'information scientifiques et techniques

SMPE : Stratégie ministérielle de performance énergétique

SMR : *Small Modular Reactor*

SPO : Système de préparation opérationnelle

SWAP: *Size, Weight And Power*

TBB : *Technological Building Blocks*

UE : Union européenne

Annexes

Annexe 1 – Synthèse des recommandations

1. L'énergie au XXIe siècle : ressources mondialisées, transition énergétique et enjeux de défense	
1.1. Un contexte énergétique mondial en évolution et sous tensions	
R1	Cartographier les sources et filières dans le domaine des minerais stratégiques pour janvier 2021.
1.2. Promouvoir une approche stratégique de la sécurité énergétique	
R2	Afin de sécuriser les flux, analyser les évolutions géostratégiques et leur impact sur le secteur de l'énergie et adapter le dispositif en conséquence.
2. Le ministère des Armées face aux défis de la transition énergétique	
2.1. Identifier les spécificités de défense dans un contexte de renforcement du cadre normatif européen et national	
R3	Assurer une veille normative et réglementaire au sein du ministère pour identifier les textes nécessitant des adaptations nécessaires aux activités de défense.
2.2. Maîtriser les consommations énergétiques	
R4	Déployer avant la fin d'année 2021 un outil de mesure et d'analyse des consommations des flux énergétiques en vue de les optimiser pour l'ensemble du parc immobilier du ministère.
R5	Définir et mettre en œuvre, dès 2020, une politique de sobriété numérique : 1. Veiller à la prise en compte de l'empreinte environnementale dans le choix des solutions d'hébergement interne et externe pour le ministère des Armées ; 2. Les futures rénovations ou constructions de data center seront réalisées en intégrant la récupération systématique de la chaleur émise par les équipements ; 3. Encourager le développement informatique écologique tant en interne qu'en externe, en favorisant l'écoconception des logiciels et en introduisant ce critère dans les marchés afin d'influer sur les constructeurs et les éditeurs ; 4. Intégrer la dimension GreenTech à l'offre de formation de l'Académie du numérique et promouvoir cette dimension au sein du ministère.
R6	Lancer l'étude GENOPTAIRE fin 2020 pour adapter les méthodologies d'optimisation énergétique aux spécificités militaires avec une intégration dans les programmes pour les 3 milieux à partir de 2022.
R7	Accroître la part de simulation virtuelle dans l'entraînement, en complément de l'activité réelle, pour optimiser l'emploi des ressources énergétiques et accroître le niveau de réalisme, tout en maintenant le niveau de performance opérationnelle.

2.3. De nouveaux types de risques à prendre en compte	
R8	**Poursuivre les actions de cybersécurité au sein du ministère des Armées pour les systèmes numériques directement liés à l'énergie :** 1. Cartographie, application des règles d'hygiène informatique et maintien de la mise sous supervision de sécurité des éléments les plus critiques ; 2. Accélération de l'approche de cybersécurité dans les projets de numérisation de l'énergie (*smartgrid*, etc.).
R9	**Mettre en place un hackathon data NRJ, à la rentrée 2020, afin de déceler d'éventuels risques non détectés.**
3. Faire de l'énergie un atout opérationnel	
3.1. Une approche renouvelée des enjeux énergétiques	
R10	**Faire évoluer les mentalités et les pratiques vers une culture de la sobriété énergétique, en cohérence avec les impératifs opérationnels :** 1. Mettre œuvre un programme de formation aux enjeux et aux usages énergétiques dans les écoles et centres de formation initiales et continues des armées ; 2. Généraliser la démarche ISO 50 001 en opération et adopter des comportements écoresponsables au quotidien des usagers.
R11	**Établir une cartographie des compétences spécialisées indispensables à détenir ou à acquérir, en interne ou en partenariat avec les énergéticiens et industriels.**
R12	**Systématiser la prise en compte du volet « énergie » dans la préparation et la conduite des opérations d'armement et sur l'ensemble du cycle de vie.** 1. Généraliser l'inclusion d'exigences d'écoconception et d'efficacité énergétique, à toute opération d'armement et en faire un critère de choix au sein du ministère ; 2. Auditer les maître d'œuvres industriels ayant passé des marchés avec le ministère des Armées, sur leur prise en compte de l'efficacité énergétique dans leur travaux et produits ; 3. Déployer la démarche sur les nouveaux programmes, notamment sur le programme de camion 4/6 Tonnes, et le programme de Patrouilleur Océanique ; 4. Intégrer dans les programmes en coopération un axe liée à l'optimisation de l'énergie comme cela est initié avec nos partenaires allemands sur le NGF et le MGCS.
R13	**Créer au sein de l'EMA une division dédiée à l'énergie opérationnelle, qui sera en charge :** 1. Du développement d'une culture de la frugalité énergétique ; 2. De la formation à la prise en compte des enjeux et des usages de l'énergie ; 3. Du renforcement de la résilience et de la continuité des activités opérationnelles ; 4. De la planification et déploiement des capacités énergétiques innovantes en opération ; 5. De la préservation de la politique du carburant unique ; 6. De la mise en place d'une organisation spécifique s'appuyant sur un réseau de référents ; 7. Du décloisonnement du renseignement et de la prospective énergie pour élaborer des modes d'actions opérationnels offensifs et défensifs.

3.2. Sécuriser l'énergie opérationnelle	
R14	Élaborer une politique globale sur la résilience énergétique en initiant une évaluation des sites à partir de l'année 2020 pour des solutions implémentées en 2025 : 1. Établir une cartographie des vulnérabilités pour fin 2021 ; 2. Consolider, pour fin 2022, les concepts existants en matière de résilience, les évaluer et les valider par des expérimentations au regard de scenarii « de crise » en tenant compte des missions opérationnelles qui pourraient être demandées aux forces opérant depuis le territoire métropolitain (PPS, dissuasion, ENU, renforcement de plots en OPEX s'agissant des forces aériennes). Les enseignements de la crise Covid-19 seront pris en compte ; 3. Définir pour fin 2022 les besoins énergétiques des infrastructures les plus critiques et développer des critères de résilience et de continuité des activités et en généraliser l'expression des exigences à tous les ADS ; ces éléments constitueront la base pour établir un schéma directeur de remise à niveau ; 4. Identifier les nouvelles compétences émergentes à détenir en propre ou au sein de la BITD pour le maintien en condition de nos installations critiques.
R15	Intégrer des énergies renouvelables ou de rupture permettant une augmentation des capacités d'autoproduction d'énergie dans les emprises et donc de résilience des forces, à l'image du projet ENSSURE et des contrats de performance énergétique.
R16	Intégrer l'énergie dans la planification opérationnelle : 1. Mettre en place la fonction de coordonnateur énergie dans la chaîne opérationnelle afin de disposer d'une vision globale de l'énergie et d'assurer la satisfaction des besoins énergétiques de manière coordonnées entre tous les acteurs ; 2. Développer et exploiter un outil robuste de planification et d'aide à la décision afin d'estimer les consommations.
R17	Préserver la capacité des armées à fonctionner en carburant unique afin de répondre aux exigences de mobilité et d'intervention des forces.
R18	Dimensionner les stocks de sécurité en tenant compte de l'augmentation prévisible des consommations, liée à l'arrivée des nouveaux équipements et aux évolutions d'activité. Pour la période 2020-2025, il s'agira d'accroître les stocks de sécurité en carburant des armées de 60 000 m^3 pour un coût de 14 M€.
3.3. Minimiser l'empreinte énergétique pour gagner en performance opérationnelle et en résilience	
R19	Tirer parti des innovations du secteur civil, en les adaptant aux cas d'usages militaires : 1. Lancer 3 projets d'accélération d'innovation en 2021 (alternatives aux groupes électrogènes diesels, nettoyage des panneaux photovoltaïques en environnements contraints (sable), Hydrogène dans les camps ; 2. Pour la période 2020-2025, 23 M€ seront investis dans l'innovation ouverte.
R20	Développer dès 2022 un démonstrateur d'hybridation de blindés pour fournir les critères de choix de motorisation Griffon et VBCI en 2025.
R21	Lancer l'étude technico-opérationnelle ENERTOP dès 2020 pour étudier l'intérêt et la faisabilité d'intégrer les nouvelles technologies de l'énergie, en particulier l'hydrogène, sur les plateformes terrestres, au vu des contraintes militaires et des impacts logistiques associés (production, stockage, transport, distribution) et poursuivre les études technologiques associées.
R22	Tant qu'aucune technologie de substitution n'aura émergé, s'assurer de la compatibilité des systèmes terrestres avec les biocarburants aéronautiques certifiés ou en cours de certification, et définir les conditions d'emploi associées dans le cadre de la mise en œuvre de la politique de carburant unique.

R23	Assurer une veille sur les différents carburants de navigation et sur les différentes solutions de propulsions navales, ainsi que sur leur disponibilité et leur approvisionnement dans le contexte défense (ex : pile à combustible alimentée par de l'hydrogène, moteurs électriques) afin d'anticiper les évolutions et maintenir une capacité à se déployer.
R24	Optimiser au cas par cas la propulsion et l'architecture des navires neufs en fonction de leur taille et de leur emploi en privilégiant dès que possible des architectures dites « tout électrique ». Le programme sur les Patrouilleurs Outre-Mer intègre dès la conception des navires, la problématique de la performance énergétique ; performance qui sera vérifiée en 2022. Le programme de patrouilleur océanique prévoit dans l'analyse de la valeur à venir que l'énergie soit inclus parmi les critères de choix dans la recherche d'une conception optimale.
R25	Se préparer à l'emploi, notamment en matière de logistique, des carburants alternatifs (biocarburants) suivant leur intérêt technico-économique, opérationnel et environnemental, en cohérence avec les développements dans le monde civil. Le MINARM s'engage sur la trajectoire nationale de décarbonation en assurant une consommation minimale de biojet, et se prépare à rejoindre la neutralité carbone en 2050, pour le secteur aérien.
R26	Fournir une expertise technique à la DGAC sur la feuille de route nationale sur la motorisation des aéronefs civils, qu'elle soit propulsive ou non, et veiller à la prise en compte des enjeux énergétiques du ministère dans les futurs programmes : 1. Intégrer les développements civils dans la préparation des programmes militaires ; 2. Explorer les solutions qui permettront de garantir l'apport énergétique nécessaire (par exemple, pour alimenter le radar AESA NG du Rafale) ; 3. Étudier la modernisation de la génération électrique des aéronefs pour disposer de puissances accrues par rapport au dimensionnement existant et de niveau de sécurité constant ; 4. Étudier les possibilités de stockage de l'énergie à bord par une optimisation de la production des alternateurs.
R27	Une fois les expérimentations finalisées, généraliser le projet Eco-Camp 2025 qui vise à réduire les consommations et augmenter l'autonomie énergétiques des camps déployés en opération : 1. Développer les briques technologiques d'un camp (GE hybride, photovoltaïque, bâtiment performant) tendant vers l'autonomie en eau et énergie en s'appuyant sur les technologies civiles entre 2020 et 2022 ; 2. Expérimenter ces dispositifs en opération extérieure entre 2023 et 2025 ; 3. Disposer d'une numérisation de ce modèle de camp pour permettre une planification prospective de déploiement et la maintenance opérationnelle des camps déployés à l'horizon 2028.
R28	À partir des expérimentations conduites sur le territoire national, étudier l'intégration des EnR, le remplacement des groupes électrogènes et l'emploi de l'hydrogène sur les emprises et en opération : 1. Lancer l'expérimentation pour 2e semestre d'un GE hydrogène-photovoltaïque aux îles Glorieuses ; 2. Lancer l'expérimentation pour 2e semestre d'un GE hybride photovoltaïque-diesel en Guyane.

4. Ajuster notre degré d'autonomie stratégique au juste besoin opérationnel	
4.1. Identifier et maîtriser les dépendances technologiques et industrielles	
R29	Dans les domaines identifiés comme stratégiques, assurer la maîtrise nationale des technologies de l'énergie d'emploi militaire, en maintenant une BITD accessible grâce à : 1. L'accompagnement des entreprises de la BITD française actives dans le domaine de l'énergie, notamment dans le cadre des investissements étrangers en France ; 2. Une pluralité de fournisseurs pour les technologies duales ; 3. L'appui sur nos partenaires européens.
4.2. Développer des coopérations stratégiques	
R30	Soutenir le développement de projets transverses ou capacitaires en matière d'énergie au sein de l'Union européenne dans le cadre de la coopération structurée permanente (CSP) et de l'agence européenne de défense (AED), en recherchant des financements auprès du fonds européen de défense (FEDef) et Horizon Europe : 1. Dès 2020, animer le projet CSP Fonction Énergie Opérationnelle et favoriser la CSP pour orienter l'ensemble des travaux européens dans le domaine énergétique : - Énergie dans les camps, - Adaptation des batteries au cadre militaire, - Outil de planification opérationnelle ; 2. Depuis 2018, participation aux actions AED en matière d'énergie (R&D et capacitaire) et au forum de consultation de l'AED pour l'énergie durable dans le secteur de la défense Consultation Forum for Sustainable Energy in the Defence and Security Sector ; 3. Accueillir un Consultation Forum énergie en France pendant la présidence française à l'UE en 2022 ; 4. Soutenir la démarche initiée auprès de la commission pour voir aboutir la thématique énergie au sein du FEDef.
R31	Etudier un projet d'achat en commun de produits pétroliers au profit des ministères européens de la défense à l'horizon 2030.
R32	Promouvoir l'énergie opérationnelle au sein de l'OTAN : 1. Soutenir les travaux de normalisation et de standardisation sur l'énergie opérationnelle au siège de l'OTAN et élargir le champ de responsabilité du comité pétrolier aux énergies alternatives en proposant notamment le développement de projets d'efficacité énergétique en opération et en coordonnant les réflexions sur les énergies alternatives et l'interopérabilité ; 2. Soutenir le concept d'unité pétrolière multinationale modulaire (MCPU) et proposer l'organisation d'un exercice de coopération sur les énergies en opération intégrant les briques de type Eco-Camp 2025 ; 3. Appuyer l'ENSEC COE lituanien à Vilnius en expertise énergétique pour étendre son champ d'action au soutien opérationnel énergie.
R33	Faire de l'énergie dans sa composante opérationnelle autant que capacitaire, un axe de coopération dans nos échanges bilatéraux avec nos alliés.
5. Adapter la gouvernance énergie aux ambitions du ministère	
R34	Se doter d'une gouvernance ministérielle intégrée garantissant une approche décloisonnée et cohérente de la fonction énergie au sein du ministère et en interaction avec le civil et les partenaires étrangers.

Annexe 2 – Mandat du groupe de travail

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DES ARMÉES

La Ministre

Paris, le 24 SEP. 2019
N° 5300 /ARM/CAB/CC5

La ministre des Armées
à
Destinataires « *in fine* »

OBJET : groupe de travail « énergie ».

L'énergie est au cœur des grandes problématiques contemporaines : croissance des besoins entre mobilité et monde numérisé, tensions sur les ressources, développement des énergies alternatives, contestation du nucléaire, réchauffement climatique, transition énergétique, etc. Les armées, et plus largement le secteur de la défense, n'y échappent pas et sont directement concernés, que ce soit au titre de l'efficacité opérationnelle (opérations, entraînement et équipements) ou du stationnement des forces. Pour relever ces défis et s'adapter à ces nouveaux équilibres, le ministère des Armées doit structurer sa réflexion et construire un plan stratégique d'adaptation à ce contexte en profonde évolution.

Des travaux ont d'ores et déjà été conduits, soit par les services de soutien (SEA et SID) directement concernés par les enjeux de l'énergie, soit par l'état-major des armées dans le cadre du groupe d'orientation de la stratégie militaire générale (GOSM), soit encore par la direction générale de l'armement dans les cadre de ses travaux prospectifs et plus généralement lors de la conduite des programmes d'armement. Sans remettre en cause ces réflexions, il s'agit de s'assurer de leur bonne coordination et de la bonne préparation de l'avenir énergétique du ministère, dans un environnement en rapide évolution.

J'ai par conséquent décidé de lancer, sous le pilotage de mon directeur de cabinet civil et militaire, un groupe de travail ministériel qui traitera de l'ensemble de cette problématique en vue de définir une stratégie de défense en matière d'énergie.

Afin de couvrir tous les axes du sujet, les travaux seront organisés selon quatre grands thèmes : un état des lieux général, les évolutions du domaine énergétique de défense, les stratégies capacitaires et, enfin, les lignes directrices d'une politique énergétique ministérielle. Chaque thème fera l'objet de propositions validées au fil de l'étude lors de réunions de pilotage chez le directeur de cabinet. Ces réunions seront précédées de séances de travail pilotées par mon cabinet, sous la responsabilité de mon conseiller pour les affaires industrielles.

14, rue Saint-Dominique 75007 PARIS

L'EMA, le SEA notamment, la DGA, le SGA, le SID en particulier, les états-majors d'armée, la DGRIS et l'AID participeront à cette étude. Des acteurs complémentaires pourront être associés autant que nécessaire, provenant aussi bien du ministère que de la société civile, d'établissements publics, d'organismes de recherche ou d'entreprises du domaine.

Le calendrier de travail doit permettre de traiter un thème chaque mois de manière à conclure les travaux à la fin du mois de mars 2020. Je compte sur l'engagement de tous pour mener à bien cette étude et conforter l'approche ministérielle de cet enjeu majeur pour notre avenir.

F. Parly

Florence PARLY

DESTINATAIRES :
- Monsieur le Chef d'état-major des armées ;
- Monsieur le Délégué général pour l'armement ;
- Madame la Secrétaire générale pour l'administration ;
- Madame la Directrice générale des relations internationales et de la stratégie ;
- Monsieur le Chef du contrôle général des armées ;
- Monsieur le général d'armée, Chef d'état-major de l'armée de terre ;
- Monsieur le général d'armée aérienne, Chef d'état-major de l'armée de l'air ;
- Monsieur l'amiral, Chef d'état-major de la marine ;
- Monsieur le Directeur de l'agence d'innovation de la défense ;
- Madame la Directrice des affaires juridiques.

COPIES INTERNES :
- Monsieur le directeur du cabinet civil et militaire ;
- Monsieur le directeur adjoint du cabinet civil et militaire ;
- Monsieur l'amiral, chef du cabinet militaire ;
- Monsieur le conseiller diplomatique ;
- Monsieur le conseiller budgétaire ;
- Monsieur le conseiller aux affaires industrielles ;
- Madame la conseillère pour l'innovation ;
- Madame la conseillère Europe et Afrique ;
- Monsieur le colonel, chef du bureau réservé ;
- Monsieur le capitaine de vaisseau, adjoint « marine »;
- Monsieur le colonel, adjoint « air » ;
- Monsieur le colonel, chef de la cellule « préparation de l'avenir » ;
- Monsieur le colonel, chef de la cellule « internationale ».

Annexe 3 – Liste des entretiens et visites réalisées

Ministère des Armées

GAL FERRE Jean-Charles	SEA
VA CHAINEAU Jean-Philippe	DPID
CA JAOUEN Patrice	DIRISI
Mme LENDRIN Marie-Gabrielle	DRM
M. MAURI Jean-Emmanuel	DGSE
Mme FAURE Camille	DAJ
Mme PLIER Valérie	SGA MAP
Mme PRIN LOMBARDO Julie	DGNUM
M. BOMBAL Sébastien	COMCYBER

SGDSN

M. DUCAMIN Laurent

SGPI

Mme VERNIER Karine

ANSSI

M. HEMERY Henri

Ministère de la Transition écologique et solidaire

Mme LECUREUIL Aurélie	DGALN
Mme CORON Anne-Fleury	DGEC
M. LOUIS Aurélien	DGEC
M. MORIN Nicolas	DGEC
M. MOCILNIKAR Antoine-Tristan	SDSIE

Ministère de l'Europe et des affaires étrangères

Mme SALAS-POUGET Vanessa	DGM
M. DUBOUCHET Pierre	ASD
M. RIVOAL Yann	ASD

Ministère de l'économie et des finances

M. RICO Marc	DGE
M. MOULIN Nicolas	SISSE

Représentations Françaises

M. DEAMERS Julien	RP UE
ICETA2 VAUTIER Jean-Sébastien	RP OTAN

Centres de recherche

Mme BURLET Hélène	CEA
M. SARRADE Stéphane	CEA
Mme LEHMAN Pascale	Institut Saint Louis
M. DE VILLEMAGNE Christian	Institut Saint Louis
M. MAZZUCHI Nicolas	FRS
M. EYL MAZZEGA Marc-Antoine	IFRI
Mme MESQUI Berengère	France Stratégie
Mme MATELLY Sylvie	IRIS
M. PAILLARD Christophe-Alexandre	CNRS

Agences

Mme ARSALANE Yasmine	AIE
M. BOISSIER Frédéric	ADEME

Entreprises du secteur énergétique

M. NOGIER Antoine	Sun'R
M. SOULAS Matthieu	Total
M. POUGET Julien	Total
M. JOYEUX Nils	Zephyr&Borée
M. BUSSIERAS Marc	EDF
M. CARTON Xavier	RTE
M. ARCELIN Steve	Akuoenergy
M. GERMA Jean-Michel	Soper
Mme DE CHAMMARD Anne-Laure	Engie
Mme MARIS Julia	Engie
M. REULIER David	SAFT
M. FERRARI Fabio	Symbio
M. NIEL Paul-Edouard	Air Liquide
M. DUVAL Alexis	Tereos

Entreprises du secteur des transports

M. GERAULT Jacques	CMA-CGM
Mme SIMMENAUR Nathalie	Air France

Industriels du secteur de la défense

M. DELOUMEAU François	Arquus
M. MAISONNEUVE Charles	Arquus
M. PAPIN Eric	Naval Group
M. ROCHARD Guillaume	Naval Group
M. BOUISSOU Victor	Naval Energies
Mme CELERIER Marie-Colombes	Naval Energies
M. REMBLIERE Jean-Michel	Nexter
M. MABILE Alexis	Nexter
M. ROUGE-CARASSAT Thierry	Safran
M. ALADJIDJI Grégoire	Safran
M. JOLEN Nicolas	Safran
M. STOUFLET Bruno	Dassault
M. MICHEL Henry	Dassault

Annexe 4 - La politique du carburant unique de l'OTAN

La politique du carburant unique (*Single Fuel Policy* ou SFP), initiée par l'OTAN dans les années 70, a été adoptée par les forces françaises à la fin des années 90.
Le principe de la SFP est l'utilisation d'un seul et unique carburant, le carburéacteur pour turbomachines d'aviation avec anti-glace (F-34), sur le champ de bataille comme pour les opérations aériennes.
La France a néanmoins choisi de n'utiliser le F-34 qu'en cas d'urgence et de préférer de manière courante l'emploi du carburéacteur diesel, codifié F-63, carburéacteur auquel est ajouté, avant l'utilisation dans un moteur diesel, un additif améliorant son indice de cétane et son pouvoir lubrifiant.
Cette politique ne s'applique toutefois qu'aux moyens militaires à vocation opérationnelle. En effet, les véhicules récents de la gamme commerciale, dotés de systèmes de dépollution conformes aux normes européennes d'émission récentes (à partir d'Euro 5), ne doivent pas fonctionner au F-63, car le soufre contenu dans ce dernier affecterait les dispositifs de traitement des gaz d'échappement équipant ces flottes. Les véhicules et équipements projetables doivent donc pouvoir fonctionner indifféremment avec des gazoles « exotiques » et avec du F-63. Ainsi, depuis 1996, la DGA conçoit des équipements opérationnels capables de fonctionner au carburéacteur de manière continue, sans dégradation de leurs performances.

Un carburant de qualité constante, partout à travers le monde
Le carburéacteur utilisé par l'aviation civile et militaire répond à des spécifications internationales très sévères et équivalentes entres elles. De fait, sa qualité est la même partout où il est disponible, ce qui n'est pas le cas du gazole, dont la qualité sur certains théâtres d'opérations peut être très éloignée de celle rencontrée en Europe.
En opérations, l'utilisation du F-63 permet d'éviter des problèmes liés à l'utilisation de gazoles de mauvaise qualité.

La gestion d'un seul produit en opération, source d'économie.
L'utilisation du seul F-63 sur un théâtre d'opération est générateur d'économies car il permet une diminution des besoins en personnels, en infrastructures et en moyens de transport et de stockage.

L'amélioration de la sécurité des approvisionnements
La mise en œuvre de la SFP permet de faciliter la projection des forces et de garantir leur indépendance énergétique en opération. En effet, partout dans le monde, le carburéacteur est immédiatement disponible sur les plates formes aéronautiques, qui sont généralement utilisées comme point d'entrée des opérations extérieures. Le « *defuelling* » des avions de transport permet également l'approvisionnement initial des forces dans des zones isolées.

Les avantages opérationnels
Sur certains théâtres d'opérations, les conditions climatiques requièrent l'utilisation de carburants fluides à très basses températures. Les gazoles présentant cette propriété nécessitent une fabrication particulière, des circuits d'approvisionnement spécifiques et des moyens de stockages dédiés. Leur disponibilité n'est pas assurée, notamment en entrée de théâtre. L'utilisation du F-63, de par ses excellentes propriétés à froid, permet de s'affranchir de ses contraintes.

Par ailleurs, l'utilisation du seul F-63 réduit l'empreinte logistique, et permet ainsi d'accroitre la réactivité de la logistique carburant et le potentiel des ressources en carburant mutualisables entre alliés.

Un prérequis pour les opérations interalliées
La SFP est mise en œuvre par la grande majorité de nos alliés et notamment par l'armée américaine. Disposer de matériels compatibles avec le F-63 est donc une condition nécessaire pour que la France puisse participer aux opérations interalliées.

Une forte expérience opérationnelle
Depuis l'opération DAGUET, la France a mis en œuvre la SFP à plusieurs reprises, notamment lors des opérations MINPRENUC (Cambodge, 1991), ORYX (Somalie, 1992), TURQUOISE (Rwanda, 1994), PAMIR (Afghanistan, 2002), ARTEMIS (RDC, 2003), BERYX (Indonésie, 2005), BARAL (Pakistan, 2006), EUFOR (Tchad, 2008).

Enfin, la SFP est actuellement mise en œuvre sur l'ensemble de l'opération BARKHANE au Sahel.

Annexe 5 - Les biocarburants, vecteurs de décarbonations de la mobilité

Les carburants de synthèse apparaissent comme la solution de transition entre les carburants d'origine pétrolière (que nous appellerons conventionnels) et les énergies de rupture (hydrogène, autres ?). Ils présentent l'avantage de pouvoir être mélangés aux carburants conventionnels et de pouvoir être utilisés dans les moteurs à combustion et les turboréacteurs existants sans modification technique (ils sont qualifiés de carburants *drop-in*).

Biocarburants aéronautiques

Il existe aujourd'hui six filières de biocarburants certifiées par l'ASTM (ASTM D7566) permettant jusqu'à 50% d'incorporation pour une utilisation aéronautique.

En France, la filière HEFA (hydrotraitement des huiles) est la plus mature (unité d'hydrotraitement TOTAL de La Mède d'une capacité de production de 500 000 tonnes/an). Si le coût des unités HEFA est modéré, la matière première est très onéreuse et faiblement disponible car la plupart du temps en concurrence directe avec un usage alimentaire. C'est la raison pour laquelle la société TOTAL comptait utiliser de l'huile de palme dont le coût de revient est le moins élevé – autorisation non accordée pour une commercialisation en France.

À moyen terme, les unités de gazéification de la matière première (voie Ficher-Tropsh FT-SPK) sont susceptibles de se développer puisque la technologie est d'ores et déjà mature.

Il convient en particulier de souligner le projet BioTfueL visant à convertir, par voie thermochimique, de la biomasse lignocellulosique (paille, résidus forestiers, cultures dédiées…) en biocarburants, en vue de développer une chaine complète de procédés pour produire du biogazole et du biokérosène de 2e génération (Axens, Total, CEA, IFP Énergies nouvelles, Avril, Thyssen Krupp Industrial Solutions).

À l'inverse du procédé HEFA, les unités FT ont un coût extrêmement élevé, mais la matière première est peu coûteuse et diversifiée (résidus exploitation forestière, résidus agricoles, bois, papier et carton non recyclé, ordures ménagères, etc.).

Les ressources (biomasse) pour cette filière apparaissent comme disponibles et en quantité suffisante pour satisfaire les besoins de la filière française de production en carburants aéronautiques. Il est toutefois nécessaire de réfléchir sur les moyens de collecte et d'acheminement de cette matière première jusqu'à l'usine de production.

À plus long terme la filière Alcohol to jet fuel (ATJ) présente également un intérêt, et en particulier lorsque l'alcool est synthétisé à partir de la biomasse (Projet Futurol – IFP, Axens) – il peut aussi provenir du marché bioéthanol conventionnel. Pour cette filière, des efforts de R&D sont encore nécessaires afin de réduire les coûts.

Il est à noter que les voies de synthèse de carburants par utilisation d'électricité renouvelable ou de solaire thermique (voies dites « *power to liquid* » ou « *Sun Fuels* » ou encore « *e-fuels* ») sont actuellement étudiées en détails par la plupart des acteurs du transport terrestre et aérien. Ces voies permettent de produire des carburants liquides, des intermédiaires chimiques ou du méthane par utilisation d'eau et de CO_2, capté dans l'atmosphère ou dans des fumées industrielles.

La voie « *Power to Liquid* » utilise pour cela de l'électricité, pour procéder d'un coté à l'électrolyse de l'eau pour produire de l'hydrogène, et de l'autre au captage du CO_2 et sa réduction en CO. Le gaz de synthèse ainsi obtenu permet d'alimenter un réacteur chimique du type Fischer-Tropsch et donc potentiellement de produire des carburéacteurs « *drop-in* ». Une autre voie, dite « *sun-to-liquid* » utilise l'énergie solaire pour procéder à ces réactions par voie thermique.

Ces procédés présentent un intérêt fort par leur potentiel de développement, leur synergie avec le fonctionnement des énergies renouvelables intermittentes (solaire, éolien), leur capacité à produire des carburants drop-in et leur synergie avec les filières du type Fischer-Tropsch développées par ailleurs pour la valorisation de la biomasse. Un certain nombre de points restent cependant à valider, comme l'efficacité du captage du CO_2 ou la réaction de réduction de ce CO_2 en CO (« *Reverse Water-Gas Shift* »). Les acteurs allemands / Suisse sont particulièrement bien positionnés dans ce domaine (Sunfire, ETH) mais le CEA développe actuellement une expertise intéressante dans le domaine.

Dans tous les cas, le développement de ces filières ne pourra s'affranchir de dispositifs incitatifs, compte tenu du coût plus élevé des biocarburants par rapport aux carburants conventionnels.

Une feuille de route gouvernementale a été rédigée par le ministère de la Transition écologique et solidaire (MTES) pour le déploiement des biocarburants aéronautiques durables dans le cadre de l'engagement pour la croissance verte (ECV) signé en 2017 : la trajectoire proposée est l'incorporation de carburéacteur issu des filières bio à hauteur de 0,05 % en 2020, 2 % en 2025, 5 % en 2030, 50 % en 2050. La dernière réunion interministérielle sur le sujet (RIM du 29/10/2019) a entériné qu'aucun mécanisme de pénalisation financière (en cas de non emploi des biocarburants) n'était envisagé à ce stade et qu'il serait fait appel à manifestation d'intention (AMI) auprès des acteurs (raffineurs et compagnies aériennes).

Biocarburants terrestres et marins

Les technologies évoquées supra s'appliquent également pour la production de biocarburants à usage terrestre ou marin. Les biodiesels sont déjà produits et commercialisés dans plusieurs pays d'Europe et aux États-Unis. S'agissant de l'application marine, elle commence également à émerger.

S'il peut être intéressant pour le MINARM de promouvoir le développement des biocarburants dans le domaine aéronautique et éventuellement marine, le marché des biocarburants terrestres s'imposera naturellement dans le paysage pétrolier français.

S'agissant du gaz naturel liquéfié (GNL) à usage marine, il est proposé de l'écarter à ce stade des perspectives d'évolution des carburants pour les armées : cette technologie ne présente pas de garanties suffisantes en termes de sécurité pour être employée sur des bâtiments de la marine nationale.

L'approvisionnement en GNL dans le cas d'une utilisation limitée à une flotte captive (bâtiments portuaires par exemple) serait externalisé afin d'éviter des investissements non négligeables, notamment, en termes d'infrastructure et d'acquisition de compétences. Le recours à l'usage de moteurs électriques est donc à privilégier.

Cette technologie étant amenée à se développer dans le monde et à remplacer en partie le gazole de navigation (DMA), il conviendra de maintenir une veille active sur les capacités en DMA qui resteront disponibles pour le ravitaillement des bâtiments.

Annexe 6 - Vers un parc immobilier bas-carbone en 2025

La Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC) établie en 2015 décrit la feuille de route de la France pour réduire les émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050.

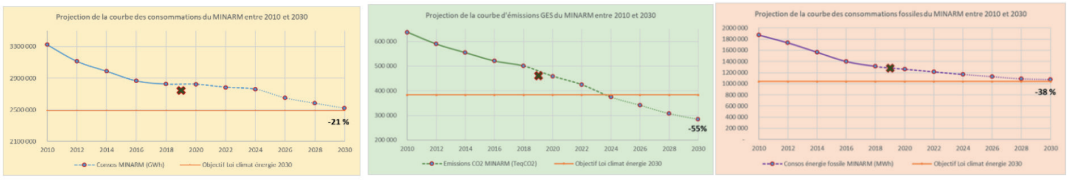
Cette stratégie passe tout à la fois par une réduction drastique des consommations d'énergie, en priorisant la baisse de consommation des énergies les plus carbonées, par la mobilisation de nouvelles technologies, mais également par des modifications de comportement.

La politique française pluriannuelle de l'Énergie prescrit pour le secteur du bâtiment de s'orienter résolument vers des bâtiments performants, rénovés et intégrant des énergies renouvelables.

Le bâtiment étant le premier consommateur d'énergie au niveau national, la réduction de ses consommations est donc un enjeu central. Le ministère, avec ses plus de 30 millions de m² actifs, soit plus de 26 % du parc bâti de l'État, se doit d'être pro-actif et; tout en s'assurant du total maintien de ses capacités opérationnelles, de faire sien les principes de la politique gouvernementale, soit tourner le dos à l'emploi des énergies carbonées, faire du neuf performant, conduire la rénovation du parc existant et recourir à l'emploi des énergies renouvelables dans le bâtiment[62] :

Pour répondre à ces multiples objectifs, une stratégie ministérielle de performance énergétique portant sur l'infrastructure et les mobilités non opérationnelles est établie.

La mise en œuvre de la SMPE établie pour la période de la PPE (2019-2023)[63] permet d'atteindre les objectifs nationaux génériques actuels du secteur bâtimentaire actualisés par le Plan Énergie climat, soit - 20 % de consommation d'énergie finale en 2028 (graphe de gauche ci-dessous), - 40 % de consommation d'énergie fossile en 2030 (graphique central) et baisse des émissions de gaz à effet de serre de 54 % en 2030 (graphique de droite). Ces efforts seront poursuivis et intégrés dans les versions à suivre de la stratégie en vigueur.



Ces décroissances sont le résultat de la mise en œuvre de 18 actions complémentaires répondant à 6 objectifs :

Engagement n°1 : réduire les consommations d'énergie

- **Objectif 1** : évoluer vers une mobilité propre
- **Objectif n°2** : améliorer l'efficacité énergétique des BDD
- **Objectif n°3** : disposer d'un parc à usage tertiaire et résidentiel économe en énergie

Engagement n°2 : développer les énergies renouvelables (EnR)

- **Objectif n°4** : Place au Soleil (2000 ha mobilisés pour le PV)
- **Objectif n°5** : privilégier les raccordements RCU
- **Objectif n°6** : expérimenter l'autoconsommation des EnR

Le suivi de ces objectifs et l'avancement des actions sont présentés par chaque pilote en comité Énergie-Eau présidé par le directeur central du SID.

La trajectoire vers un parc immobilier bas-carbone de chaque base de défense sera progressivement déclinée dans une annexe dite annexe verte insérée dans son schéma directeur immobilier.

62 Extrait de la synthèse de la PPE 2019-2023 2024-2028.

63 Stratégie validée par décision 1550/ARM/CAB en date du 26 mars 2020.

Objectifs	Actions de la SMPE 20-23	
n°1 : évoluer vers une mobilité propre	1	Disposer, en 2030, d'une flotte de véhicules administratifs composée d'une part minimale de 50 % de véhicules à faibles émissions de dioxyde de carbone (CO_2) et de polluants de l'air, selon une trajectoire qui prévoit des points de passage indicatifs fixés à 20 % en 2023 et à 25 % en 2025 (pilote : EMA)
	2	Doter progressivement, sur la période 2019-2023, chaque base de défense d'un plan « mobilité propre » (pilote : EMA)
n°2 : améliorer l'efficacité énergétique des bases de défense	3	Notifier douze contrats de performance énergétique (CPE) sur la période 2020-2025 (pilote : SID)
	4	Déployer des contrats d'exploitation/maintenance des installations de chauffage-ventilation-climatisation à clause d'intéressement sur les sites énergivores pour lesquels un CPE ne se justifie pas, selon un plan d'ensemble à établir, dans une première version, en 2020 (pilote : SID)
	5	Mettre en place, d'ici à 2023, dans au moins un site majeur de chacune des 15 bases de défense les plus consommatrices d'énergie, un système de management de l'énergie ISO 50001 (pilote : SID)
	6	Programmer, sur la période 2020-2031, le remplacement de toutes les chaufferies au charbon et au fioul, hors les chaufferies de secours, par des systèmes de production de chaleur moins polluants et plus économes, selon un plan de transition énergétique à établir, dans une première version, pour mars 2020 (pilote : SID)
n°3 : disposer d'un parc immobilier à usage tertiaire économe en énergie	7	Appliquer, sauf exception justifiée par des considérations liées aux activités spécifiques de défense, les obligations de réduction de la consommation d'énergie finale des bâtiments à usage tertiaire, dès lors que des opérations de réhabilitation lourde de bâtiments existants sont décidées et engagées (pilote : SID)
	8	Établir un plan prospectif à 10 ans de mise en œuvre du décret du 23 juillet 2019 relatif aux obligations d'actions de réduction de la consommation d'énergie finale dans des bâtiments existants à usage tertiaire (pilote : SID)
	9	Réaliser, chaque fois que possible, toute nouvelle construction de bâtiments à usage tertiaire selon les normes « bâtiment à énergie positive et à haute performance environnementale » (pilote : SID)
	10	Réaliser la rénovation énergétique des logements domaniaux utiles au ministère des Armées d'ici à l'année 2038 (pilote : DPMA)
	11	Achever en 2023 au plus tard le déploiement de l'outil de suivi des fluides (OSF) et de l'outil DATA NRJ 360 de mesure et d'analyse des consommations courantes d'énergie des infrastructures du ministère des Armées (pilote : SID)
	12	Établir toutes les prescriptions techniques selon les critères des certificats d'économies d'énergie (CEE) et renouveler le dispositif à compter de 2021 (pilote : SID)
n°4 : mobiliser 2 000 hectares de terrains d'ici à 2022 pour des centrales photovoltaïques dans le cadre du plan « Place au soleil »	13	Conduire, en s'assurant du respect des servitudes et sans contraindre le développement des emprises et l'installation de systèmes opérationnels, les appels à projet nécessaires pour louer environ 1 800 hectares de terrains libres d'utilisation à des exploitants de centrales photovoltaïques (pilote : SID)
	14	Réaliser les cessions de parcelles, représentant une surface cumulée de l'ordre de 200 hectares, à des collectivités locales qui y installeront des centrales photovoltaïques (pilote : DPMA)
n°5 : privilégier le raccordement des emprises aux réseaux de chaleur ou de froid urbains	15	Privilégier le raccordement des sites du ministère des Armées à un réseau de chaleur ou de froid urbain dès lors que ce raccordement est possible (proximité d'un tel réseau) et opportun (après étude des solutions alternatives) (pilote : SID)

n°6 : expérimenter l'autoconsommation d'énergies renouvelables	16	Poursuivre, en s'assurant du respect des servitudes et sans contraindre le développement des emprises et l'installation de systèmes opérationnels, les projets expérimentaux de production d'énergie solaire photovoltaïque ou thermique à des fins d'autoconsommation et, dans la perspective de leur généralisation progressive, initier puis entretenir un recensement des sites pouvant potentiellement accueillir les technologies expérimentées (pilote : SID)
	17	Conduire, d'ici 2023, l'expérimentation d'une production de biogaz sur le camp de Coëtquidan et décider d'une éventuelle généralisation du procédé à d'autres camps ou sites présentant le même potentiel de valorisation de la biomasse locale (pilotes : EMAT et SID pour l'exploitation de la ressource, sa valorisation et l'emploi de l'énergie produite).
	18	Choisir en 2020 un site pour expérimenter une production d'énergie renouvelable d'autoconsommation à partir d'un petit parc d'éoliennes de faible ou de moyenne puissance et conduire l'expérimentation à partir de l'année 2021 (pilote : SID)

Annexe 7 - Eco-Camp 2025

Le Service d'Infrastructure de la Défense (SID) conçoit, aménage, achète, projette, entretient et améliore les installations d'infrastructures de stationnement au profit des forces engagées en opérations. Dans ce cadre le service a la charge de la production de l'énergie, de l'alimentation en eau potable et de la dépollution des sols lors des fermetures de théâtres.

En matière de soutien au stationnement et en application de la DIA 4, il est chargé entre autres de la veille technologique des équipements et matériels équipant les camps déployables. Compte tenu des évolutions sociétales et du monde du BTP (numérisation, environnement durable, énergies alternatives), et conformément au paragraphe 4.2 dernier alinéa de la lettre n°D17-005480/ARM/EMA/PERF/BPSO/NP du 22/09/2017, le SID a entamé une démarche prospective qu'il a baptisé Eco-Camp.

Les camps en stationnement sont fortement dépendants de flux extérieurs entrants et/ou sortants (énergies fossiles, eaux potable et usées, déchets). L'énergie électrique est un point névralgique lors de toutes les phases de la manœuvre. Les camps ont une énergie produite aujourd'hui exclusivement par des groupes électrogènes fonctionnant au gazole. Ces flux entrant et sortant génèrent :

- une faille dans la sécurité de la Force ;
- des coûts de logistique non négligeables ;
- des nuisances sonores et olfactives (groupes électrogènes) ;
- une dépendance importante du camp vis-à-vis de l'extérieur ;
- des sources de pollutions accidentelles.

Plusieurs entités des armées et armées étrangères réfléchissent et participent à la mise en place d'installations novatrices notamment en matière d'énergies renouvelables. Cependant il n'est pas observé, à ce jour, de déploiement de solutions globales, pérennes, sécurisées et systématiques qui permettraient d'accroître de manière suffisante l'autonomie en énergie des camps. Il est également intégré la nécessité de prendre en compte dès la mise en place d'un camp, l'aspect environnemental afin tant d'acceptation sociétale des engagements que pour réduire les coûts et les délais induits après le départ de la Force pour la remise en état.

L'idée maitresse est de tendre vers l'autonomie des camps en opérations afin de diminuer leur vulnérabilité au quotidien.

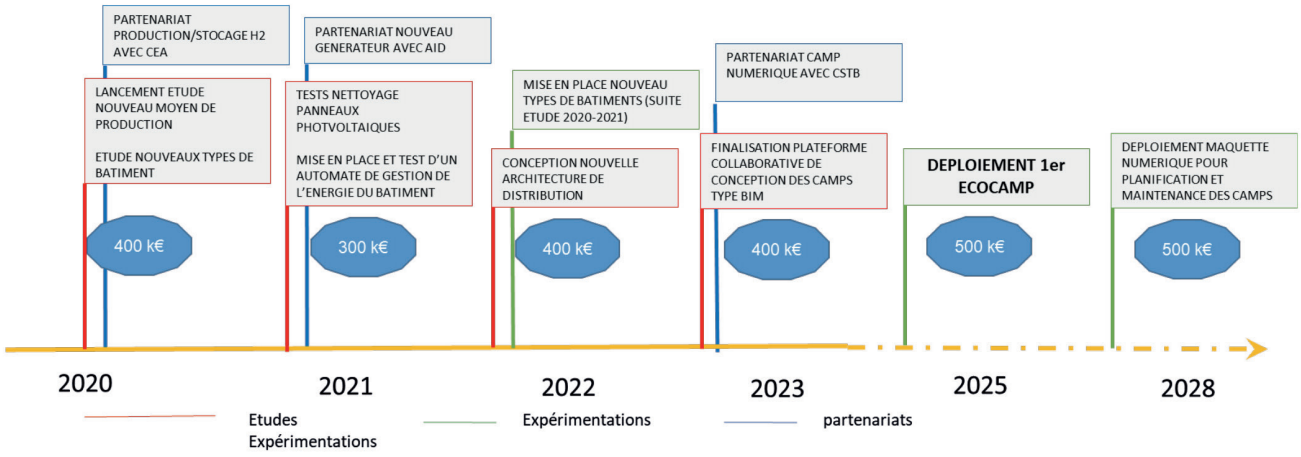
Cette cible sera atteinte via les orientations principales du projet Eco-Camp qui sont le socle du projet porté par le centre d'expertise du SID :

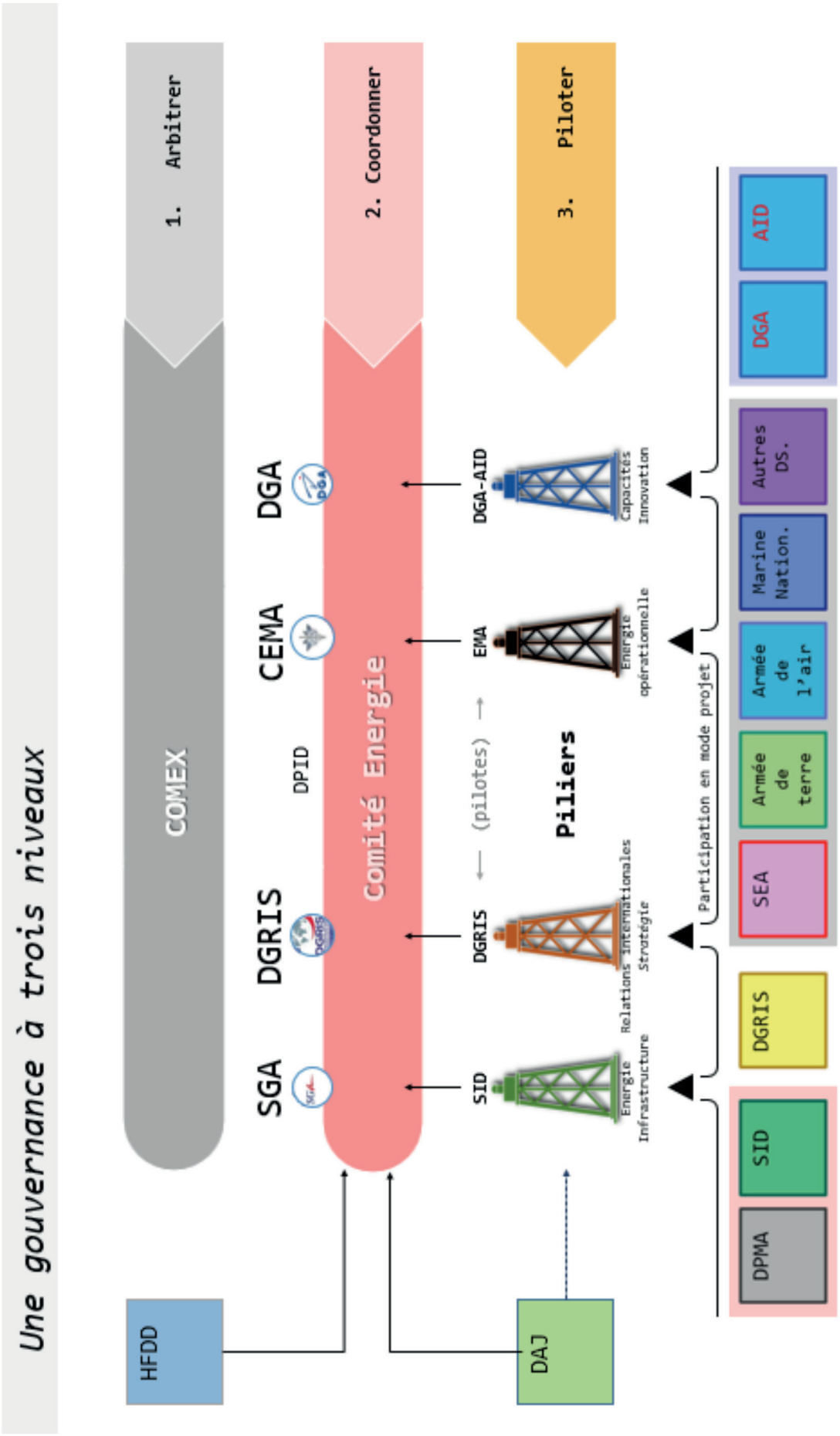
Réduire les consommations (eau et énergie) tout en intégrant les nouveaux besoins des Forces ;
Produire différemment de l'eau et de l'énergie ;
Optimiser les nouveaux équipements. Les interactions des équipements d'infrastructure entre eux seront recherchées. Les déchets des uns pourront faire l'énergie des autres.

Ces orientations se veulent en adéquation avec l'objectif de résilience des installations opérationnelles.

Le projet Eco-Camp 2025 avec ses objectifs va permettre de diminuer les consommations d'énergie fossile des camps en stationnement (pour la partie concernant l'infrastructure) pour atteindre -40 % en 2030, en recourant aux énergies renouvelables et en améliorant l'efficacité énergétique des équipements de production et terminaux. Cet objectif de diminution est comparable aux objectifs et tendances du plan climat.

Cadencement des travaux et des financements.



Libellé de l'essai	Essai ou Étude envisagé	Année de réalisation
BATI	Eco-Camp - Test de différents bâtiments modulaires à Captieux à haute performance énergétique	2019
Protections solaires	Eco-Camp - Étude de filets antichaleur performant	2019
Nouveau système de production	Eco-Camp - Étude d'un nouveau générateur électrique en OPEX – partenariat avec AID	2021
Eco-Camp - Panneaux photovoltaïques et Conditions environnementales	Eco-Camp - Création d'un système de nettoyage de panneaux photovoltaïques	2021
Bâti intelligent	Eco-Camp - Mise en place d'un automate de gestion du bâtiment pour économiser l'énergie	2021
Centrale NG	Eco-Camp - Conception de la nouvelle chaine d'alimentation en énergie incluant la technologie hydrogène	2021
11- Réseau intélligent	Eco-Camp - Conception d'une architecture électrique intelligente	2022
13 - Camouflage thermique	Eco-Camp - Étude de la couleur des PV et des batiments afin de camoufler les équipements dans leur milieu et de diminuer la température de paroi	2022
22-Détection de fuites sur réseau eau	Eco-Camp - Mise en place de data logger pour détecter et localiser les fuites sur les réseaux de distribution d'eau	2022
18- Sanitaires NG	Eco-Camp - Conception d'un module sanitaire BBC eau et élec	2022
20- Traitement d'eau par UV à leds	Eco-Camp - Développement de traitement par UV produits par LED	2023
24 - Camp numérique	Eco-Camp - Plateforme collaborative d'échanges de niveaux stratégique, opératif et tactique – partenariat CSTB envisagé.	2023

Annexe 8 – Gouvernance