



## NOTE D'ANALYSE N°3

### LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE AU SEIN DES ARMÉES AMÉRICAINES L'ambition de l'autonomie énergétique et de la mobilité durable

**Avril 2019**



Le ministère des Armées fait régulièrement appel à des études externalisées auprès d'instituts de recherche privés, selon une approche géographique ou sectorielle, visant à compléter son expertise interne. Ces relations contractuelles s'inscrivent dans le développement de la démarche prospective de défense qui, comme le souligne le dernier Livre blanc sur la défense et la sécurité nationale, « *doit pouvoir s'appuyer sur une réflexion stratégique indépendante, pluridisciplinaire, originale, intégrant la recherche universitaire comme celle des instituts spécialisés* ».

Une grande partie de ces études sont rendues publiques et mises à disposition sur le site du ministère des Armées. Dans le cas d'une étude publiée de manière parcellaire, la Direction générale des relations internationales et de la stratégie peut être contactée pour plus d'informations.

**AVERTISSEMENT : Les propos énoncés dans les études et observatoires ne sauraient engager la responsabilité de la Direction générale des relations internationales et de la stratégie ou de l'organisme pilote de l'étude, pas plus qu'ils ne reflètent une prise de position officielle du ministère des Armées.**

## Table des matières

<b>Introduction</b> .....	<b>5</b>
<b>1 Objectifs fédéraux en matière d'énergie renouvelable et de biocarburant</b> .....	<b>10</b>
1.1 L'énergie opérationnelle : un concept clef .....	10
1.2 Politique duale sur les biocarburants.....	10
1.3 Exigences de certification des biocarburants .....	10
1.4 Principaux textes fédéraux.....	11
1.5 Résultats à l'échelle du DoD.....	13
1.5.1 Production d'énergie renouvelable .....	13
1.5.2 Basculement vers les biocarburants .....	14
<b>2 US Navy et Corps des Marines</b> .....	<b>14</b>
2.1 Objectifs propres.....	14
2.2 Actions mises en œuvre.....	15
2.2.1 Mesures sur bases navales fixes .....	15
2.2.2 Mesures sur bases avancées.....	17
2.2.3 Mesures en faveur des combattants.....	17
2.2.4 Bilan de la consommation d'électricité.....	18
2.3 Biocarburants et motorisation.....	18
2.3.1 Démarches entreprises et cadre d'action .....	18
2.3.2 Types de biocarburant et certifications .....	19
2.3.3 La Great Green Fleet et la question du coût .....	20
2.3.4 Etat des lieux du programme.....	21
2.3.5 Autres modes de propulsion .....	22
<b>3 US Air Force</b> .....	<b>22</b>
3.1 Les biocarburants : une priorité pour l'Air Force .....	22
3.1.1 Avantages et inconvénients des biocarburants .....	22
3.1.2 Programmes de recherche.....	23

3.1.3	Une alternative : les véhicules électriques.....	23
3.2	Actions sur les énergies renouvelables.....	24
3.2.1	Politique générale.....	24
3.2.2	Soutien des universités et des centres de recherche nationaux ...	24
3.2.3	Résultats.....	25
<b>4</b>	<b>US Army .....</b>	<b>25</b>
4.1	Textes d'orientation politique .....	25
4.2	Actions prises .....	27
4.2.1	Sur sites.....	27
4.2.2	Leçons tirées .....	27
4.2.3	Résultats.....	28
4.3	Actions portant sur les véhicules terrestres .....	29
	<b>Conclusion .....</b>	<b>30</b>
	ANNEXE 1 – Consommation d'énergie des Etats-Unis et du DoD.....	32
	ANNEXE 2 – Principales filières de développement des carburants alternatifs .....	36
	ANNEXE 3 – Liste des carburants alternatifs certifiés par le DoD en 2015.....	39
	ANNEXE 4 – Achats de biocarburants réalisés par les armées entre 2007 et 2012.....	40
	ANNEXE 5 - Liste des projets en énergie renouvelable de la Navy .....	43
	ANNEXE 6 – Les buts finaux de l'Armée de l'Air (2010) .....	45
	ANNEXE 7 – Bilan des projets d'énergies renouvelables de l'Armée de l'Air	46
	ANNEXE 8 – Coût d'achat de l'électricité aux Etats-Unis.....	47
	ANNEXE 9 - Evaluation du potentiel du territoire américain en matière d'énergie solaire, éolienne, géothermique et en biomasse .....	48
	ANNEXE 10 – Sites pilotes de <i>Net Zero Installations</i> .....	51
	ANNEXE 11 – Exemple des méthodes de compatibilité entre éolienne et installations aériennes .....	52
	ANNEXE 12 – Résultats de l'armée de terre sur ses sites pilotes.....	53

ANNEXE 13 – Quelques résultats du DoD en matière de production d'énergie renouvelable .....	54
ANNEXE 14 - Entreprises ayant fourni le DoD en biocarburants .....	55
ANNEXE 15 – Acteurs fédéraux actifs dans l'essor des biocarburants .....	57
<b>Bibliographie et notes .....</b>	<b>60</b>

## Introduction

La facture énergétique de l'armée américaine s'est établie à 14,28 milliards de dollars par an en moyenne entre 2007 et 2015, dont 90 % pour le seul carburant fossile. Cet état de fait crée une situation de dépendance, qui peut avoir des conséquences néfastes en termes de conduite des opérations<sup>1</sup>.

Illustration de cette prise de conscience, paraissent au début des années 2000 les premiers rapports industriels et gouvernementaux pointant la nécessité d'évaluer le coût indirect de l'énergie nécessaire pour alimenter les systèmes d'armes, et d'en tenir compte dans la planification opérationnelle et les processus d'acquisition<sup>2</sup>. En 2005, à la demande du Congrès, un rapport est réalisé pour évaluer le potentiel de développement des sources d'énergie renouvelable sur ou à proximité des installations militaires, et proposer un plan de mise en œuvre<sup>3</sup>. Il faut toutefois attendre 2007 pour que l'administration Bush encourage le Department of Defense (DoD) à consommer de l'électricité issue des énergies renouvelables, approfondissant une loi à portée générale adoptée deux ans plus tôt, l'*Energy Policy Act 2005*<sup>4</sup>.

Les raisons du soutien envers les énergies renouvelables sont à la fois sécuritaires, écologiques et économiques.

L'énergie est en effet centrale à la réalisation des missions militaires et à l'obtention de la victoire. A cet égard, les guerres d'Irak et d'Afghanistan ont mis en évidence la vulnérabilité des chaînes d'approvisionnement en énergie<sup>5</sup>, et ont suscité une prise de conscience d'un besoin de sécurité énergétique, définie comme le fait d'avoir un accès sûr à des sources fiables d'énergie pour répondre à leurs besoins opérationnels<sup>6</sup>. Les raisons stratégiques et opérationnelles figurent ainsi en bonne place dans de nombreux textes et déclarations officiels<sup>7</sup>, soulignant que l'armée, en étant capable de produire elle-même son énergie, bénéficiera d'une autonomie accrue lors d'opérations militaires, et réduira le risque de décès causés par les attaques de convois de ravitaillement. Sur le territoire national, les énergies renouvelables contribueront à renforcer la sécurité énergétique et la résilience du pays, un point vital depuis que « le territoire national n'est plus un sanctuaire » comme l'affirme la *Stratégie nationale de défense* de 2018<sup>8</sup>. Le basculement géostratégique américain vers la zone Asie-Pacifique a également renforcé le besoin en énergie, à la fois pour s'y rendre et pour s'y déplacer<sup>9</sup>. Les promoteurs des énergies renouvelables font aussi valoir que bénéficier d'une alternative au pétrole procure aux Etats-Unis la possibilité de mieux choisir ses alliés<sup>10</sup>, et prive leurs fournisseurs de pétrole d'un levier de pression sur eux<sup>11</sup> : le pays gagne alors en autonomie décisionnelle<sup>12</sup>. Forts de ces arguments, le Département à la Défense (DoD) parvient à mettre en place sous Georges W. Bush (2001-2009) une politique fédérale encourageant la diversification des sources d'approvisionnement énergétique et la réduction des consommations au niveau des infrastructures et des équipements militaires.

Sous la présidence Obama (2009-2017), les considérations environnementales se sont ajoutées aux motivations sécuritaires : les énergies vertes deviennent également un moyen de réduire les émissions de gaz à effet de serre<sup>13</sup>. Depuis l'élection de Donald Trump (2017), les raisons environnementales ont disparu des documents officiels sans que le cap des armées ne soit modifié<sup>14</sup>, ce qui témoigne du poids relatif de l'écologie dans les motivations de l'armée américaine et du réel intérêt pour les gains opérationnels que représente la transition énergétique<sup>15</sup>. L'accent est désormais mis dans les textes sur la capacité de résilience des armées qu'apportent les énergies renouvelables<sup>16</sup>.

La volatilité du prix du baril de pétrole, et notamment la hausse enregistrée au début des années 2000 alors que le pétrole de schiste n'en était qu'à ses débuts, a également poussé les décideurs américains à diminuer leur consommation. En effet, le DoD est le plus gros consommateur de pétrole du gouvernement<sup>17</sup> : ses dépenses énergétiques s'élevaient à 13 milliards en 2007 et ont connu un pic à 20 milliards l'année suivante, avant de retomber à 12,4 milliards de dollars en 2016 (cf. annexe 1, figure 5)<sup>18</sup>. C'est la raison pour laquelle une augmentation, même faible, du prix du baril de pétrole se traduit par une facture énergétique élevée, et une pénurie voire indisponibilité des ressources énergétiques peut mettre en péril les opérations.

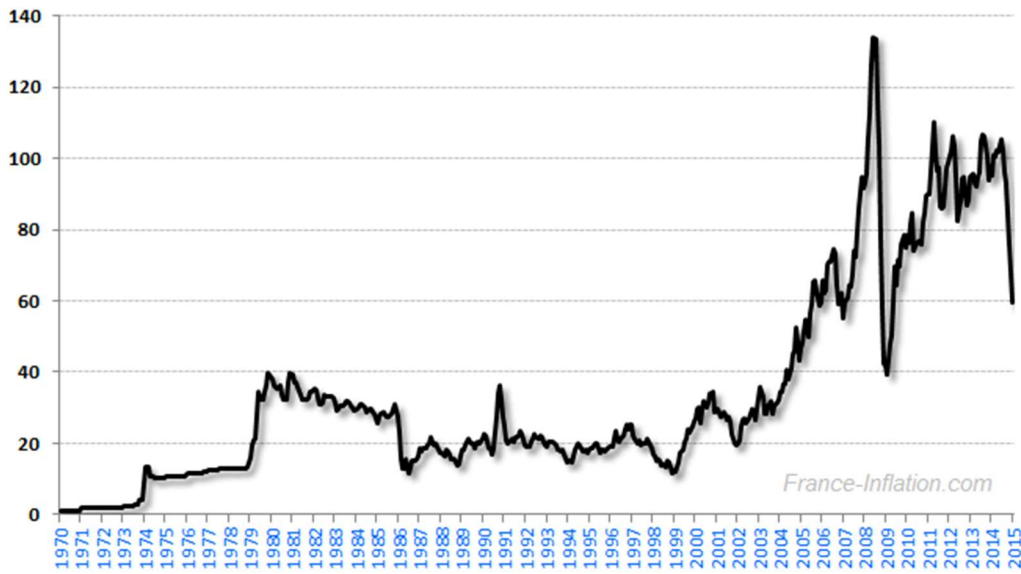


Figure 1 : Evolution du prix du baril de Brent entre 1970 et 2015 (dollars)

Source : France Inflation, <[http://france-inflation.com/img/prix\\_petrole\\_mensuel.gif](http://france-inflation.com/img/prix_petrole_mensuel.gif)>

**Environ les trois-quarts de ces consommations énergétiques sont destinés à des usages opérationnels (entraînement, mobilité, soutien, engagement des forces), le dernier quart étant alloué au fonctionnement des infrastructures (cf. annexe 1, figure 6).** C'est pourquoi la politique du DoD a porté prioritairement sur l'introduction des biocarburants en substitution ou en complément des carburants pétroliers, ainsi que sur la production d'énergie renouvelable sur les emprises militaires. En conséquence, les projets autour des énergies renouvelables lancés ont augmenté de 43 % entre 2010 et 2012<sup>19</sup>, permettant de diminuer de 20 % la consommation de pétrole du DoD entre 2007 et 2015<sup>20</sup>.

Cette politique de promotion des énergies renouvelables, initiée véritablement en 2007, sera consolidée sous l'ère Obama, puis affaiblie sous la présidence Trump. Depuis le retour des Républicains au pouvoir, les textes officiels privilégient les économies d'énergie et les références à la production autonome d'énergie ont presque disparu<sup>21</sup>. En outre, les armées disposaient jusqu'à sa démission le 28 février 2019 d'un allié de poids pour poursuivre leurs actions : le secrétaire à la défense James Mattis. Vétéran de la guerre d'Irak, il prit conscience après une attaque majeure sur Bagdad en 2003 que les convois de ravitaillement en carburant constituaient des cibles de choix. Depuis, il voit dans les énergies renouvelables une source d'efficacité opérationnelle et un moyen de préserver des vies<sup>22</sup> ; c'est donc l'argument de la résilience qui est mis en avant par le DoD et les armées pour justifier leurs actions auprès de l'administration Trump<sup>23</sup>.

Avant de rentrer dans une présentation des résultats, il est essentiel de présenter l'évolution de la politique fédérale en matière d'énergie renouvelable et de biocarburant avant de voir dans

un second temps comment chaque armée s'est approprié ces textes et a décliné un programme d'action pour atteindre les objectifs fixés.



### Méthodologie

La stratégie énergétique du DoD se décline en quatre axes majeurs :

- la diversification des sources d'énergie ;
- la réduction de la demande par l'amélioration de l'efficacité énergétique ;
- la diminution du volume globale des consommations ;
- l'adaptation des capacités et des technologies futures des forces.

L'étude s'est centrée sur la manière dont les armées développent les sources d'énergie renouvelables et des alternatives au pétrole, que ce soit par le financement de travaux de recherche et développement (R&D) ou par la construction d'unité(s) de production. Les définitions des énergies dites renouvelables et alternatives, reprises dans l'encart ci-dessous, sont celles utilisées dans les documents officiels du DoD et des armées.

Sur cette base, ont été exclus de cette note les mesures prises pour économiser l'énergie, les mesures organisationnelles, le recours aux jeux de rôle et à la simulation pour mieux utiliser l'énergie, et de manière générale, tout ce qui relève d'une meilleure gestion de l'énergie. Les micro-réseaux (*micro-grids*), les appareils de stockage de l'énergie (piles, batteries) et les sources d'énergie comme l'hydrogène, le gaz naturel ou le nucléaire sont signalés lorsqu'ils sont considérés comme des pistes sérieuses par les armées, sans être développés<sup>24</sup>.

Cette note s'appuie sur les documents officiels du DoD, de ses agences et de ses armées portant sur la politique énergétique, ainsi que sur les sites spécialisés dans les énergies renouvelables et les biocarburants, comme *biofuelsdigest.com*. Ont également été consultés les rapports de think tanks portant sur l'énergie dans les armées et ceux du *Government Accountability Office*. Les points de vue des opposants à cette politique énergétique ont été pris en compte à travers les rapports de centres de recherche de tendance républicaine comme l'*Heritage Foundation*, et les opinions des députés républicains, hostiles aux énergies renouvelables et aux biocarburants, exprimées dans des articles de presse comme sur *Triple Pundit*.

A la lecture des rapports officiels, il est apparu que les mesures prises par les armées américaines étaient particulièrement nombreuses et qu'il n'allait pas être possible de les recenser toutes. C'est donc davantage un bilan général qui est réalisé ici, réhaussé d'exemples, qu'un compte-rendu exhaustif.

Concernant les acteurs, les sociétés auxquelles les armées ont fait appel pour construire et/ou gérer les unités de production d'énergie sont essentiellement des sociétés locales civiles spécialisées dans la source d'énergie souhaitée (pose de panneaux photovoltaïques, valorisation des déchets, etc.). Les sources utilisées ne mentionnent pas leur nom et les recenser toutes aurait été une tâche à la fois colossale et peu pertinente.

Pour les biocarburants, plusieurs sociétés duales de type PME voire TPE ont fourni le DoD. Une conjonction de facteurs économiques négatifs<sup>25</sup> – un coût des biocarburants qui tarde à baisser, des subventions en baisse, un prix du pétrole suffisamment bas pour démotiver la demande nationale – ont poussé un grand nombre d'entreprises à quitter le secteur au bout de quelques années. Celles qui détiennent un brevet et ont fourni le DoD les premières années sont néanmoins listées en annexe.

Quant à la conversion à l'électricité des véhicules, cela a mobilisé les entreprises traditionnelles de l'industrie automobile : Ford, General Motors, Chrysler, Chevrolet, etc.

Enfin, il ne semble pas y avoir eu de partenariats privilégiés en amont avec des universités, mais plutôt une ouverture du DoD aux innovations pouvant intéresser la défense.

Par conséquent, cette note mentionne les acteurs privés et publics qui ont pris part à des actions précises, et décrit en annexe ceux qui ont contribué au développement général des énergies renouvelables et des biocarburants.

## DEFINITIONS

**Energie renouvelable** : énergie produite à partir de ressources énergétiques renouvelables comme la biomasse (production de gaz d'enfouissement et de gaz de décharge à partir des déchets solides municipaux), l'énergie hydraulique, la géothermie, l'éolien, l'océan (énergie marémotrice, houlomotrice, énergie des courants sous-marins, énergie thermique des mers), les biocarburants, l'énergie thermique et solaire.

**Energie alternative** : toute source d'énergie (ex : nucléaire, technologie de charbon propre, hydrogène) qui peut remplacer ou intervenir en complément des combustibles fossiles (pétrole, charbon, gaz naturel) et des énergies conventionnelles.

**Energie d'installation** : énergie nécessaire pour alimenter les installations fixes et durables, ainsi que les véhicules non-tactiques.

**Energie opérationnelle** : énergie utilisée en soutien direct d'opérations militaires (déplacement, soutien, mobilité des plateformes armées), mais aussi pour l'entraînement lorsque ce dernier est destiné à la préparation opérationnelle des forces. Cette définition englobe l'énergie utilisée par les systèmes énergétiques tactiques et les générateurs situés sur les sites temporaires.

Sources : Office of the Assistant Secretary of Defense(Energy, Installations, and Environment), *DoD Annual Energy Management Report FY 2015*, juin 2016 p.9 <<https://www.acq.osd.mil/eie/downloads/ie/fy%202015%20aemr.pdf>> et Office of the Under Secretary of Defense for Acquisition, Technology, and Logistics, *FY 2016 Operational Energy Strategy Annual Report*, 24 juillet 2017, p.3 <<https://www.acq.osd.mil/eie/Downloads/OE/FY16%20OE%20Annual%20Report.pdf>>

## 1 Objectifs fédéraux en matière d'énergie renouvelable et de biocarburant

### 1.1 L'énergie opérationnelle : un concept clef

Le premier document élaborant une stratégie visant à garantir que les combattants aient l'énergie dont ils ont besoin pour remplir leur mission partout dans le monde date de 2011. Il est publié par le bureau de l'assistant du Secrétaire à la défense en charge de développer la première stratégie opérationnelle du DoD, un poste créé l'année précédente<sup>26</sup>. L'*Operational Energy Strategy: Energy for the Warfighter*<sup>27</sup>, centrée sur l'exécution des missions journalières, est suivie l'année d'après de l'*Operational Energy Strategy: Implementation Plan*<sup>28</sup>, portant sur les besoins énergétiques sur les sites militaires. Une deuxième édition du *Plan* paraît en 2016<sup>29</sup> pour tenir compte des leçons tirées depuis 2011.

Trois objectifs sont établis :

- réduire les besoins en énergie et accroître l'efficacité énergétique ;
- diversifier les sources d'énergie et réduire la dépendance envers les infrastructures énergétiques externes au DoD, comme le réseau civil d'électricité ;
- inclure les aspects énergétiques dans les processus et les institutions de défense, en particulière la planification et les acquisitions.

A cette fin, **le DoD doit étudier les possibilités de tirer parti des sources d'énergie disponibles dans l'environnement immédiat et proche pour réduire la fréquence d'approvisionnement.**

Toutes les sources locales d'énergie renouvelables sont à étudier : des panneaux solaires aux appareils à énergie cinétique, en passant par les drones solaires et la biomasse. L'innovation, y compris collaborative avec le secteur privé, est encouragée pour atteindre les buts fixés. Le Département s'intéresse aussi à l'intégration de sources alternatives d'énergie, en priorité le solaire, sur les bases provisoires et dans l'équipement individuel du combattant.

### 1.2 Politique duale sur les biocarburants

En 2011, à l'occasion de la parution du *Blueprint for A Secure Energy Future*<sup>30</sup> dans lequel il exhorte tout le pays à développer les énergies renouvelables, **le président Barack Obama demande spécifiquement à la Navy, aux Départements à l'Energie et à l'Agriculture d'établir des partenariats avec le secteur privé pour accélérer la commercialisation des biocarburants duaux de type drop-in, c'est-à-dire ne demandant aucune modification des moteurs existants**<sup>31</sup>. Par la suite, ces trois acteurs s'accordent sur un plan incitant l'industrie et les investisseurs à construire ou rénover des bioraffineries capables de produire des millions de gallons de carburant par an à un prix concurrentiel à partir de matières premières domestiques, et répondant aux spécifications militaires (F-76, JP-5, JP-8).

Derrière la satisfaction des besoins militaires, c'est la satisfaction des besoins de tout le pays qu'Obama essaie d'obtenir en favorisant l'essor d'une industrie américaine des biocarburants, laquelle serait encouragée à se développer en s'appuyant sur une demande forte et stable : celle du DoD<sup>32</sup>.

### 1.3 Exigences de certification des biocarburants

Politiquement, le Congrès n'a accordé son soutien à la politique des biocarburants du gouvernement qu'à la condition qu'il s'agisse de promouvoir des carburants « alternatifs », dont la définition est suffisamment vague pour inclure un large panel de sources allant des biocarburants, aux énergies renouvelables comme le solaire, en passant par l'énergie

nucléaire, l'hydrogène, ou encore le gaz naturel et le méthane d'origine non fossile, l'essentiel étant qu'il ne soit pas relié au pétrole<sup>33</sup>.

Quatre caractéristiques de ces carburants alternatifs ont été définies par le DoD en 2012<sup>34</sup> :

- être *drop-in* ;
- être compétitifs par rapport aux carburants pétroliers conventionnels ;
- être produits à partir de produits non alimentaires ;
- leurs émissions de gaz à effet de serre doivent être moindres ou égales à celles des carburants pétroliers conventionnels.

La *Stratégie d'énergie opérationnelle* (2012) demande à chaque armée de tester et certifier des carburants alternatifs *drop-in*, y compris ceux disponibles dans le commerce sur le territoire américain et à l'étranger, mais aussi de considérer les carburants du commerce qui nécessiteraient l'ajout d'additifs – en identifiant lesquels.

**Si l'étude sur le territoire américain s'est terminée au printemps 2017, le Département continue de tester, certifier et vérifier sa capacité d'approvisionnement d'importants volumes de biocarburants à des prix compétitifs.** Cependant, depuis l'élection de Donald Trump, la plupart des textes fédéraux demandent surtout aux forces armées de réduire leur consommation de pétrole, ce qui passe par un carburant à meilleur rendement, une meilleure motorisation ou – en dernier lieu – le remplacement du pétrole par un biocarburant<sup>35</sup>.

#### 1.4 Principaux textes fédéraux

Les principales mesures prises au niveau fédéral depuis 2005 et s'appliquant aux forces armées américaines dans le domaine des énergies renouvelables et des biocarburants sont listées ci-dessous.

Texte de loi (année)	Contenu et objectif concernant les biocarburants ou les énergies renouvelables
Energy Policy Act, EPAct <sup>36</sup> (2005)	Utiliser sur 2007-2009 au moins 3 % d'énergies renouvelables sur le total de la consommation d'énergie des bâtiments, 5% sur 2010-2012, puis 7,5 % les années suivantes.
	Les raffineurs et les importateurs de pétrole ont l'obligation de mettre un pourcentage de biocarburants dans leur gasoil et diesel.
Executive Order 13423 <sup>37</sup> (2007)	Garantir qu'au moins 50 % des énergies renouvelables achetées dans l'année provient d'énergies renouvelables postérieures à 1998.
	Réduire de 2 % par an jusqu'en 2015 la consommation de produits pétroliers par les flottes de véhicules.
	Accroître de 10 % par an la part de carburant non-pétrolier dans la consommation totale de carburant.
	Utiliser des véhicules hybrides lorsqu'ils sont disponibles à un prix raisonnablement comparable aux véhicules non-hybrides en se fondant sur une analyse du coût du cycle de vie.
Energy Independence and Security Act <sup>38</sup> (2007)	D'ici 2025, au moins 25 % des besoins en énergie des Etats-Unis doit provenir des ressources renouvelables fournies par le travail agricole et forestier dans le pays.
	Réduire la consommation de carburant fossile des bâtiments fédéraux nouveaux et rénovés de 80 % en 2020 sur la base de 2003.

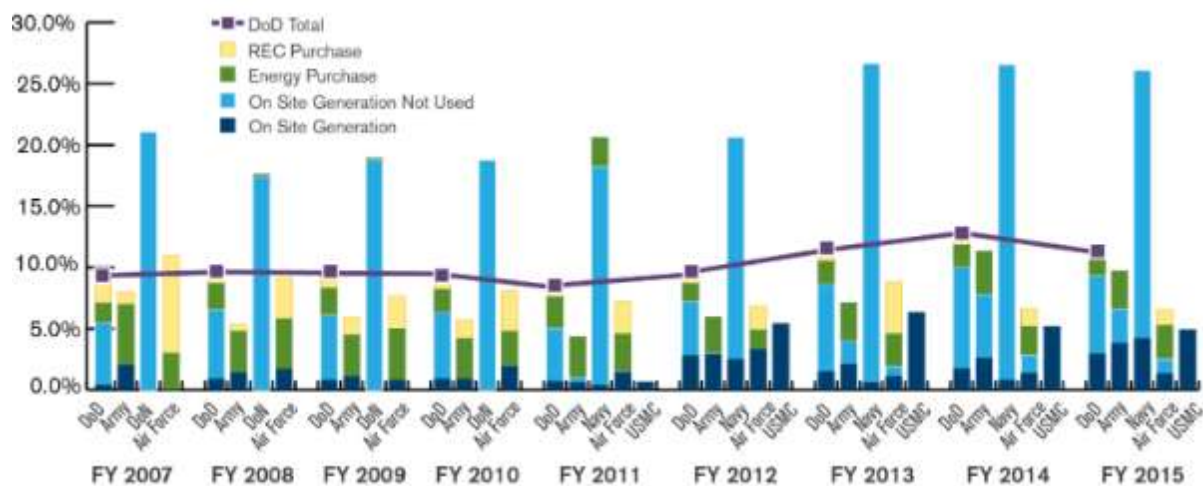
	Réduire la consommation annuelle de pétrole pour les véhicules d'au moins 20 % d'ici 2015 sur la base de 2005 (pour les flottes d'au moins 20 véhicules) et consommer 10 % de plus de carburant alternatif sur la même période.
Executive Order 13514 (2009)	Accroître l'emploi des énergies renouvelables et réduire la part des carburants fossiles dans les véhicules (sans citer d'objectif chiffré)
	Réduire la consommation totale de pétrole des flottes du DoD de 2 % par an entre 2005 et 2015.
	Obligation pour les bâtiments fédéraux conçus à partir de 2020 d'être autonomes en énergie d'ici 2030.
National Defense Authorization Act (2010)	Oblige le Secrétaire à la défense à rendre compte au Congrès de la part des combustibles renouvelables dans les flottes aériennes, maritimes et terrestres.
	Oblige le DoD à fixer des objectifs de performance énergétique dans les systèmes de transport, les systèmes de soutien, de fourniture d'énergie, les infrastructures et les installations.
	Produire ou utiliser 25 % d'énergies renouvelables dans le total de la consommation énergétique des emprises d'ici 2025.
10 U.S.C. § 2911 (U.S. Code Title 10. Armed Forces) (2011)	Produire ou se procurer de l'électricité à partir des énergies renouvelables à chaque fois que ces sources d'énergie répondent aux objectifs et aux plans de performance énergétique du DoD
	Produire ou se procurer au moins 25 % d'énergie renouvelable dans la consommation totale d'électricité d'ici 2025 (15 % en 2018)
Executive Order « Accelerating Investment in Industrial Energy Efficiency » <sup>39</sup> (2012)	Les Départements à l'énergie, au commerce, à l'agriculture, l'agence de protection de l'environnement, ainsi que le Conseil économique national, le Conseil de politique intérieure, le Conseil sur la qualité de l'environnement, le Bureau de la politique sur les sciences et technologies doivent se coordonner pour encourager fermement les acteurs à produire d'ici 2020 sur le territoire national 40 GW d'électricité issue de cogénération (production simultanée de deux formes d'énergie différentes dans une même centrale).
Additional Steps to Increase Energy Security (2012)	Les trois armées doivent produire conjointement 3 GW d'énergie renouvelable à partir de leurs emprises d'ici 2025*.
Executive Order 13693 (2015)	Annule les Executive Orders 13514 et 13423.
	Porter à au moins 25 % d'ici 2025 (20 % en 2022 contre 10 % en 2016) la part d'énergie propre (électricité d'origine renouvelable et énergie alternative) dans la consommation totale d'électricité et d'énergie thermique des bâtiments, lorsque c'est économiquement rentable.
Executive Order 13834 (2018)	Rappel des objectifs déjà fixés concernant la consommation d'énergies renouvelables.

\* : Dans son discours sur l'état de l'Union en 2012, le Président Obama a fixé à la Navy l'objectif de produire 1 GW d'ici 2020. A la suite de cela, l'Air Force et l'Army se sont fixé le même objectif pour 2025, comme un moyen d'atteindre l'objectif de 25% des besoins énergétiques couverts par le renouvelable en 2025<sup>40</sup>.

## 1.5 Résultats à l'échelle du DoD

### 1.5.1 Production d'énergie renouvelable

Le nombre de projets de production d'énergies renouvelables du DoD a été multiplié par trois entre 2011 et 2015 pour atteindre 1390, permettant aux forces armées de produire environ 3 090 GWh en 2015, ce qui représente 82 % du total de l'énergie renouvelable consommée (3 800 GWh)<sup>41</sup>.



Graphique 2 : Part de la consommation d'énergie du DoD issue d'énergie renouvelable achetée ou autoproduite entre 2007 et 2015

Source : DoD Annual Energy Management Report FY2015, op. cit., p.36

**Cet essor a profité principalement aux fournisseurs d'énergie verte publics et privés, ainsi qu'aux sociétés de vente et d'installation d'énergie solaire, principalement des panneaux photovoltaïques (cf. tableau ci-dessous), même si en volume, c'est la géothermie qui a assuré presque la moitié (41 %) de la production d'énergie renouvelable du DoD.**

Source d'énergie renouvelable	GWh	Part dans le mix énergétique du DoD
Géothermie (24 projets)	1 260	41%
Biomasse (12 projets)	581	19%
Incineration de déchets solides avec récupération d'énergie (3 projets)	471	15%
Panneaux photovoltaïques (810 projets)	387	13%
Pompe à chaleur géothermique (261 projets)	246	8%
Solaire thermique (227 projets)	74	2%
Eolien (32 projets)	43	1%
Autres (21 projets)	24	1%

Tableau 1: Etat des lieux des projets de production d'énergie renouvelable au sein du DoD en 2015 et de leur capacité productive

Source : DoD Annual Energy Management Report FY2015, op. cit., p.38

### 1.5.2 Basculement vers les biocarburants

La consommation de pétrole des armées a diminué de 20 % entre 2007 et 2015, et de 33,6 % par rapport à 2005<sup>42</sup>. Pour autant, entre 2007 et 2014, **la part de carburant alternatif est restée faible : 1% des achats de carburants, ce qui traduit une baisse des besoins au cours de cette période, dus à la réduction de l'intensité des combats en Irak et en Afghanistan**. Malgré la certification de certains biocarburants (la liste des types de carburants alternatifs acceptés en 2015 figure en annexe 3), la bascule ne se fait pas faute de disponibilité. Au niveau mondial, la production de biocarburant reste négligeable par rapport aux besoins : en 2017, 84 millions de tep (976 920 GWh) de biocarburants ont été fabriqués, alors que 92 millions de tonne de pétrole (plus d'un milliard de GWh) étaient produits quotidiennement<sup>43</sup>.

Pour pallier ce manque, le Département à l'Agriculture avait financé la construction de raffineries pour produire du biocarburant à des fins opérationnelles<sup>44</sup>, mais la mise en œuvre accuse plusieurs années de retard et trop peu de raffineries sont aujourd'hui opérationnelles (voir infra).

Pour expliquer ce retard, il faut avoir conscience que les entreprises fournissant le DoD en biocarburants entrent en concurrence directe avec les géants pétroliers comme ExxonMobil ou Valero Energy, et que la question des biocarburants a divisé les parlementaires américains, les Républicains s'opposant fortement à leur soutien. Des amendements ont été adoptés sous Obama pour contrecarrer sa politique, freinant le développement d'une industrie nationale des biocarburants<sup>45</sup>.

Détaillons maintenant les actions prises par chacune des armées, ainsi que leurs résultats.

## 2 US Navy et Corps des Marines

### 2.1 Objectifs propres

La facture d'énergie est le plus gros poste de dépense des bases navales et aéronavales, à hauteur de 28 % du budget à terre, et la Navy consomme autour de 25 % du pétrole acheté par le DoD (cf. annexe 1)<sup>46</sup>. L'intérêt pour la réduction de la facture d'énergie, et notamment la consommation de pétrole, est donc fort.

En ce sens, le secrétaire à la Navy sous Obama, Ray Mabus, publie en 2009 une feuille de route stratégique<sup>47</sup> dans laquelle il fixe à son armée des objectifs ambitieux :

- que la consommation de pétrole soit réduite de 50 % d'ici 2015 pour les flottes civiles non-tactiques, ;
- que la moitié des installations soient autonomes en énergie d'ici 2020<sup>48</sup> ;
- qu'au moins 50 % de la consommation totale d'énergie provienne de sources alternatives d'ici 2020.

Sachant que les besoins de la Navy tournent autour de 18 millions de barils équivalent pétrole (bep), et que l'énergie nucléaire fournira l'équivalent de 11 millions de bep en 2020, la Navy doit remplacer d'ici là environ 8 millions de bep (13 600 GW) par des carburants alternatifs purs, c'est-à-dire non mélangés à du pétrole<sup>49</sup>.

Mabus demanda également que la Navy fasse la démonstration en 2012 d'un groupe de combat<sup>50</sup> « vert » alimenté aux biocarburants et au nucléaire pour les opérations locales, qui préfigurerait une grande flotte verte (*Great Green Fleet*) en 2016<sup>51</sup>.

Pour choisir sa source d'énergie, la Marine a établi cinq critères : l'impact sur les opérations, la disponibilité de la ressource énergétique, la maturité de la technologie, les exigences de maintenance, et les contraintes à long terme liées aux opérations<sup>52</sup>.

## 2.2 Actions mises en œuvre

### 2.2.1 Mesures sur bases navales fixes

Le Département à la Navy (DoN) s'est résolument engagé dans de multiples projets de production d'énergie sur base pour atteindre les objectifs ambitieux fixés par son Secrétaire. Les leçons tirées par source d'énergie sont listées ci-dessous.

#### a) Energie solaire

L'énergie solaire est considérée comme très mature, compatible avec la plupart des missions navales, et appropriée pour les bases situées dans le sud-ouest des Etats-Unis (zones désertiques) et à Hawaï. Deux limites sont identifiées : son intermittence et sa capacité de rendement : autour de 20 % en thermique, 25 % pour les panneaux et 50 % pour l'énergie solaire concentrée. La Navy conseille de gérer le réseau électrique pour garantir sa stabilité et de recourir à une solution de stockage de l'énergie produite<sup>53</sup>.

Des panneaux solaires ont été installés dans de nombreux endroits, pour des puissances variant de 1 MW (ex : 1,2 MW au centre de combat aéroterrestre des Marines à Twentynine Palms, en Californie) à 500 MW et plus (toujours en Californie), en passant par les solutions intégrées comme sur la base aérienne des Marines de Yuma, en Arizona : pose de panneaux photovoltaïques sur les bâtiments, toits blancs, bornes de recharge solaire pour véhicules, postes de ravitaillement en gaz naturel comprimé « fastfill »<sup>54</sup>.

C'est en Californie et en Arizona que l'on trouve le plus important projet de production d'énergie hors emprise militaire destiné à alimenter plusieurs bases : Mesquite Solar. La première tranche (Mesquite 1) produit depuis 2013 autour de 150 MW ; Mesquite 2 génère environ 100 MW depuis 2017, et Mesquite 3 autour de 150 MW, soit un tiers des besoins en énergie de 14<sup>55</sup> bases de la Navy et des Marines en Californie<sup>56</sup>.



Légende : triangle bleu -> base navale ; rond rouge -> base des Marines

Figure 2 : Carte des installations du projet Mesquite Solar

Source : DoN, Off Site Purchase for 14 California Installations, octobre 2016 p.1

[http://navysustainability.dodlive.mil/files/2016/10/Mesquite-3-Fact-Sheet\\_FINAL.pdf](http://navysustainability.dodlive.mil/files/2016/10/Mesquite-3-Fact-Sheet_FINAL.pdf) p.1



### **b) Géothermie**

Cette source d'énergie est jugée intéressante car non intermittente, mais son exploration est coûteuse et difficile. Des milliers de pompes à chaleur ont néanmoins été installés, hormis dans les endroits où une source se révélait davantage adaptée. Une solution hybride est utilisée sur la base de China Lake en Californie, où l'énergie solaire est stockée par géothermie : grâce aux 14 MW ainsi produits, elle assure le tiers des besoins annuels en électricité et permet une économie de 13 millions de dollars par an<sup>57</sup>.

### **c) Energie de l'océan et hydraulique**

Hormis l'énergie hydraulique, les sources d'énergie liées à l'eau étaient estimées insuffisamment matures dans les années 2010 pour être massivement mises en œuvre<sup>58</sup>. Quelques applications sont néanmoins notables<sup>59</sup>. La base navale de Kitsap (Etat de Washington) utilise depuis 2010 une pompe à chaleur eau-eau branchée sur le canal Hood. La base aéronavale d'Oceana (Virginie) utilise la même technique avec les effluents du district sanitaire de Hampton Roads et un refroidisseur d'eau à circuit fermé de 4 400 tonnes. Une usine marémotrice devait également voir le jour sur la base de Puget Sound (Etat de Washington), mais malgré l'obtention des permis nécessaires, le projet a été abandonné en 2014 devant le quasi doublement des coûts (de 20 millions à 38 millions de dollars)<sup>60</sup>.

Lockheed Martin, qui s'est lancé dès les années 1970 dans la construction d'usine de conversion de l'énergie thermique des mers, a lui aussi obtenu de la Navy un contrat en 2009 pour en installer un modèle pilote de 10 MW près de l'île hawaïenne d'Oahu dans le but d'alimenter en électricité la base de Pearl Harbor<sup>61</sup>. Le projet a également été abandonné du fait de son immaturité technique et de son coût élevé par rapport à d'autres solutions<sup>62</sup>.

### **d) Energie tirée des déchets**

Dans certains endroits du pays, cette source d'énergie se révèle très compétitive par rapport aux énergies fossiles, note le DoN. Le plus difficile est d'obtenir un contrat à long terme avec une source locale d'approvisionnement à bas coût<sup>63</sup>.

En 2011, la base d'Albany des Marines (MCLB, en Géorgie) a acheté pour 20 millions de dollars une usine de production d'électricité par combustion de gaz issus d'un site local d'enfouissement des déchets<sup>64</sup>. Les 1,9 MW produits lui font économiser 1,8 million de dollars par an, et son investissement sera rentabilisé au bout de 12 ans. Cette même base est devenue en 2016 la première emprise de l'US Navy autonome en matière énergétique en combinant la production interne d'énergie (construction d'une centrale thermique biomasse d'une capacité de 8,5 MW) avec des mesures de réduction des consommations énergétiques (- 15 % sa consommation énergétique annuelle)<sup>65</sup>.

En octobre 2018, la société Creare a bénéficié d'une subvention (*Small Business Innovation Research* phase II) pour construire une usine de valorisation énergétique des déchets. Cette usine utilise une technologie, le Gasifier HelioStorm, qui appartient à l'entreprise Cogent Energy Systems, partenaire de Creare. Cette technologie avait au préalable été développée avec l'aide du *National Renewable Energy Laboratory* (NREL)<sup>66</sup>. L'usine sera capable de convertir quotidiennement 3,5 tonnes de déchets en gaz, qui sera directement brûlé dans un générateur électrique acheté dans le commerce pour produire près de 800 kWh d'électricité par tonne de déchets<sup>67</sup>.

### **e) Eolien**

L'énergie éolienne est mature, mais pose des problèmes d'emplacement. A terre, il faut disposer d'une certaine hauteur et tenir compte des radars et des besoins des aéronefs à l'entraînement. Dans quelques rares cas, la Navy estime possible d'en mettre en mer mais cela

a généralement un coût élevé et nécessite de respecter de nombreuses normes (partage de l'espace avec les bateaux). C'est aussi une source intermittente d'énergie (le stockage est donc nécessaire), dont la rentabilité tourne autour de 33% pour celles basées à terre.<sup>68</sup> La base de San Clemente Island (Californie) utilise trois éoliennes qui lui permettent de réduire sa consommation de diesel et d'économiser jusqu'à 1 60 000 dollars par an<sup>69</sup>.

**En conclusion, les projets renouvelables produisent entre 1 et 10 MW seulement chacun** (cf. la liste en annexe 5). La majorité d'entre eux relève du solaire. **Une poignée de projets tirent un meilleur profit de leur environnement : China Lake parvient à générer 170 MW en géothermie et 70 à 100 MW en solaire ; la base de Yuma dépasse les 100 MW en solaire**, tandis qu'Hawaï vient de démarrer en janvier 2019 la production de 20 MW en solaire pour un coût très bas de 0,08 \$ / kWh<sup>70</sup>.

### 2.2.2 Mesures sur bases avancées

Les bases avancées consomment beaucoup d'énergie pour leur fonctionnement, essentiellement sous forme de diesel. A titre d'illustration, les centaines de bases avancées des Marines consomment au total plus de 200 000 gallons de diesel par jour<sup>71</sup> (environ 760 000 litres). Les 1 100 attaques de convois logistiques de ravitaillement entre 2010 et 2012<sup>72</sup> ont poussé les Marines – l'armée de terre est dans la même situation – à remplacer autant que possible le diesel par d'autres sources d'énergie et par des batteries<sup>73</sup>. Comme la plupart des bases avancées sont relativement petites<sup>74</sup>, les générateurs diesel, en réalité souvent surdimensionnés,<sup>75</sup> peuvent être remplacés par des panneaux solaires, à condition de disposer d'une surface de déploiement suffisante. Pour les petits avant-postes et les nœuds d'infrastructure vitaux, des batteries peuvent couvrir, ou au du moins compléter, les besoins en énergie. La société Tesla d'Elon Musk a ainsi proposé en 2015 son système baptisé Powerwall<sup>76</sup> capable de stocker 90 kilowatts – 210 kWh pour la deuxième génération (Powerpack 2) – mais cela ne semble pas avoir débouché sur une commande.

Néanmoins, pour réellement diminuer la dépendance au diesel des bases avancées, le DoN mise sur la diversification des sources d'approvisionnement. A ce titre, **outre les énergies renouvelables, la Navy s'intéresse aux centrales nucléaires déployables<sup>77</sup> : un réacteur nucléaire transportable pourrait produire assez d'énergie et d'eau pour réduire de 60 % à 80 % les besoins en ravitaillement, et l'électricité ainsi générée pourrait alimenter des véhicules électriques<sup>78</sup>.**

### 2.2.3 Mesures en faveur des combattants

Bien que les principales possibilités d'économie résident dans les actions sur les bases fixes et les plateformes, la Navy a aussi cherché à voir comment les énergies renouvelables pouvaient augmenter l'autonomie des combattants et réduire le poids qu'ils portent<sup>79</sup>, deux atouts révélés par l'expérience afghane. A cette fin, l'Office of Naval Research (ONR) a créé en 2009 l'*Experimental Forward Operating Base* (ExFOB), une initiative conduite en collaboration avec l'US Army pour réduire la dépendance énergétique des bases avancées et des combattants<sup>80</sup>. Parmi les produits développés, figurent un sac à dos solaire conçu par le Naval Research Laboratory (NRL) et entré en service en 2012<sup>81</sup>, le SPACES (*Solar Portable Alternative Communication Energy System*), un système solaire pliable et transportable qui permet aux combattants de recharger leurs piles et de faire fonctionner les équipements de communication sur le terrain, entré en service en 2016<sup>82</sup>, ainsi qu'une pile photovoltaïque de

300 W pour fournir en continu de l'énergie aux Marines sur le terrain, appelée *Ground Renewable Expeditionary Energy System (GREENS)*, entrée en service le même année<sup>83</sup>.

L'Office of Naval Research a également financé des recherches pour récupérer l'énergie issue du mouvement des sacs à dos au début des années 2000<sup>84</sup>. Depuis 2016, la société *Lightning Packs*, par exemple, commercialise auprès de l'armée de terre et de la Navy de tels sacs à dos capables de générer entre 25 W et 50 W selon le poids de la charge transportée et la vitesse de marche<sup>85</sup>.

Grâce à ces recherches, les Marines ont utilisé des panneaux solaires en Afghanistan dès 2009 pour recharger les piles de leurs équipements de communication, leur GPS et leurs jumelles de vision nocturne. Les panneaux solaires leur ont aussi permis de cesser d'utiliser les générateurs et de réduire ainsi leur chance d'être détectés par l'ennemi<sup>86</sup>.

#### 2.2.4 Bilan de la consommation d'électricité

**L'objectif de 1 GW d'énergie renouvelable consommée a été atteint en 2015<sup>87</sup> grâce à de grands projets de production d'énergie, comme Mesquite Solar 3 – et en faisant des économies.** Cette année-là, 21,8% de son électricité consommée étaient issus de sources renouvelables (15,9% pour la Navy hors Marines). Et en 2018, la Navy a consommé 1,2 GW d'énergies renouvelables sur ses bases terrestres, économisant au passage 400 millions de dollars. Cela explique l'essor des projets majeurs autour de 2015, comme l'usine géothermique de la base de China Lake ou l'usine de valorisation de déchets de la base de Norfolk.

En pratique, la Navy préfère confier à des entrepreneurs privés la gestion de ces importantes unités de production d'énergie. Ainsi, le DoN a signé en 2015 plusieurs contrats pour produire via des achats ou de la location environ 300 MW et a lancé des appels d'offre pour obtenir entre 650 MW et 750 MW d'énergie par l'entremise de contrats de service, d'achats d'électricité ou de location de terrain avec tarif préférentiel<sup>88</sup>. Grâce à des achats d'énergie à proximité de ses bases, la Navy (hors Marines) était ainsi capable de couvrir un cinquième (20,6%) de ses besoins en électricité via les énergies renouvelables dès 2011, et a dépassé le seuil de 25% dès 2013<sup>89</sup>.

## 2.3 Biocarburants et motorisation

### 2.3.1 Démarches entreprises et cadre d'action

Le DoN est le deuxième plus gros consommateur de pétrole du DoD, derrière l'US Air Force, son aviation étant la principale bénéficiaire. C'est pour réduire sa dépendance envers le pétrole que la Navy a pour objectif d'alimenter d'ici 2020 ses véhicules pour moitié avec des carburants alternatifs<sup>90</sup>.

A cette fin, et en réponse à une injonction<sup>91</sup> du Président Obama d'accélérer le développement national de carburants de synthèses de type *drop-in* (kérosène et diesel), la Navy a signé en 2010 un accord-cadre avec le Département à l'Energie (DoE) et celui à l'Agriculture (DoA) pour promouvoir ensemble le développement d'une industrie nationale de biocarburants capable de produire massivement par le biais d'aides financières à la construction d'usines et de raffineries sur le sol américain.

En s'appuyant sur le *Defense Production Act*<sup>92</sup>, la Navy et le Département à l'Energie pouvaient financer cette initiative avec 340 millions de dollars chacun<sup>93</sup>, le secteur privé partageant les coûts à hauteur de 50 % maximum puisque l'objectif est d'inciter les entrepreneurs privés à se lancer sur ce marché en leur sécurisant la demande. Le Département à l'Agriculture apportait la même somme à travers le *Commodity Credit Corporation (CCC)*<sup>94</sup>, une agence gouvernementale créée en 1933 pour soutenir la production et la commercialisation des produits agricoles, et stabiliser les revenus des fermiers, son rôle étant ici

de garantir l'approvisionnement en matières premières pour biocarburants<sup>95</sup>. Le 11 décembre 2013, la Navy et le DoA concrétisent leur accord en lançant l'opération Farm-to-Fleet<sup>96</sup> destinée à fabriquer des biocarburants qui seront achetés sur une base régulière par la Navy afin d'alimenter ses aéronefs et ses bâtiments lors d'opérations. Trois avantages étaient identifiés : la production de ces carburants sera rentable pour l'armée, elle va créer des emplois en zone rurale, et assurera l'indépendance énergétique des matériels militaires<sup>97</sup>. En 2014, le DoE, le DoA et la Navy ont alloué 10,8 millions de dollars à cinq entreprises pour travailler à la conception préliminaire de bioraffineries à destination duale. L'année suivante, trois projets étaient retenus et recevaient 70 millions de dollars chacun pour construire des bioraffineries capables de produire dès 2016 du biocarburant de qualité militaire à un prix compétitif (inférieur à 3,50 \$ le gallon) et réaliser les essais de qualification. Il s'agissait des projets d'Emerald Biofuels, de Fulcrum BioEnergy et de Red Rock Biofuels (cf. annexe 14 pour une présentation de ces entreprises).

	Biofuels company #1	Biofuels company #2	Biofuels company #3
Projected volumes of all alternative fuel to be produced per year (in gallons)	83 million gallons per year	10.6 million gallons per year	12.3 million gallons per year
Type(s) of alternative fuel to be produced	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diesel</li> <li>• Naval distillate</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jet (for both commercial aviation and military use)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jet (for both commercial aviation and military use)</li> <li>• Diesel</li> </ul>
Alternative fuel production process technology	Hydroprocessed Esters & Fatty Acids	Fischer-Tropsch	Fischer-Tropsch
Feedstock source	Fats, oils, and grease	Municipal solid waste	Woody biomass from forest residue
Agreements with non-DOD customers	Under development	International airline	Domestic airline
Expected alternative fuel availability date	2018	2018	2017

Tableau 2: Résumé des trois projets au moment de l'attribution de leur aide financière (2014)  
 Source : GAO, *DOD's Investments in Alternative Fuels*, juillet 2015, p.29 <<https://www.gao.gov/assets/680/671667.pdf>>

En 2017, aucune raffinerie n'avait vu le jour. Pour autant, le projet continuait : 140 millions de dollars ont été versés fin 2017 pour aider à bâtir deux bioraffineries, malgré les oppositions des Républicaines<sup>98</sup>, en faisant valoir qu'il s'agissait d'un engagement pris en 2013. Parmi les bénéficiaires, on retrouve Fulcrum BioEnergy et Red Rock Biofuels, chacun devant produire au moins 10 millions de gallons par an de qualité militaire<sup>99</sup>. Fulcrum BioEnergy affirmait alors que cette usine entrerait en service début 2020 et serait suivie de huit autres en Amérique du Nord, et que l'aide financière du Pentagone permettrait d'atteindre les 175 millions d'obligations nécessaires à leur construction<sup>100</sup>.

Le 1<sup>er</sup> février 2018, alors que 50 millions de dollars devaient être alloués au CCC pour l'année 2018<sup>101</sup>, le CCC a retiré son soutien au projet Farm-to-Fleet, estimant qu'il n'était plus prioritaire et donc éligible au fond<sup>102</sup>.

En 2018, Red Rock peinait toujours à trouver le financement qui lui manquait pour lancer son usine<sup>103</sup> ; Fulcrum promettait en décembre 2018 de créer une usine de biokérosène dans l'Indiana (33 millions de gallons par an, construction prévue en 2020), et devrait ouvrir en 2020 une autre usine en Californie (10,5 millions de gallons par an)<sup>104</sup> ; Emerald, de son côté, annonce sur son site la réalisation prochaine de sa première bioraffinerie, d'une capacité de 110 millions de gallons de biodiesel par an.

### 2.3.2 Types de biocarburant et certifications

Trois types de matières premières pour biocarburants ont été testées et qualifiées par le DoN : la graisse animale, les algues et les déchets ménagers. La Navy insiste pour que ces matières

premières soient non-alimentaires<sup>105</sup>. Les filières testées vont du DSHC (*Direct Sugar to Hydrocarbons*, transformation directe de sucres en hydrocarbures), au HEFA 50:50, en passant par le procédé de Fischer-Tropsch, l'alcool et les huiles pyrolytiques<sup>106</sup> (voir annexe 2 pour une description des filières existantes).

L'armée privilégie l'achat de biocarburants de type JP-8 et F-76 mélangés à 10 % voire jusqu'à à 50 % avec des carburants conventionnels<sup>107</sup>. Ainsi, le F-76 serait remplacé par le ReadiDiesel, produit à partir de graisses et d'huiles et développé par Applied Research Associates (ARA), une entreprise de recherche et d'ingénierie fondée en 1979, et Chevron Lummus Global, une co-entreprise (JV) entre CB&I et Chevron. Le biocarburant a été testé en 2016 pour alimenter deux turbines à gaz, le modèle LM-2500 de General Electric et le modèle 501 K-17 de Rolls Royce, et n'a montré aucune différence qualitative, mécanique ou opérationnelle avec le F-76. La même année, il a été testé dans les avions (EA-18G Growler). Le ReadiDiesel a été certifié début 2017<sup>108</sup>.

Quant au JP-8, les laboratoires Ek, filiale d'Alliance BioEnergy Plus, ont proposé une alternative, mais l'entreprise s'est déclarée en faillite le 23 octobre 2018<sup>109</sup>.

Après trois ans d'essais sur 14 bâtiments de plusieurs mélanges de biodiesel (B5, B10, B15, B20 and B100, dérivés d'algues et de soja), la Navy a conclu que ces carburants ne réduisent pas la performance des moteurs, ni ne nuisent aux opérations de routine. Au contraire, les biocarburants réduisent la quantité de suie observée dans les moteurs et entraînent une baisse de leur consommation<sup>110</sup>.

Pour les essais aériens, la Navy a collaboré avec l'Air Force<sup>111</sup>. Le premier essai d'usage de biocarburant 50:50 sur un vol supersonique a été réalisé en 2010 par la Navy sur un F/A-18 Green Hornet<sup>112</sup>, et se sont poursuivis en 2012 lors de l'exercice Rim of the Pacific (RIMPAC). En 2016, la Navy en conduisait encore sur un EA-18G utilisant une version bio du JP-5 pur.

**Les essais et les qualifications de carburants alternatifs pour plateformes aériennes et navales ont permis de certifier cinq filières en 2016 (voir annexe 3). En dépit de cela, la Navy tirait en 2016 environ 17 % de son énergie de carburants alternatifs, mais d'aucun biocarburant<sup>113</sup>. Le prix est le principal facteur explicatif.**

### 2.3.3 La Great Green Fleet et la question du coût

Conformément au souhait de son Secrétaire, la Navy a fait une première démonstration d'une *Great Green Fleet* en 2012 : les bâtiments, les avions et les hélicoptères étaient alimentés aux biocarburants 50:50. Les moteurs se sont montrés légèrement plus performants du fait de la présence réduite d'impuretés en comparaison des combustibles pétroliers, ce qui a établi que des navires de guerre propulsés par des carburants alternatifs pouvaient rester opérationnels. Les biocarburants provenaient de Solazyme, une entreprise spécialisée dans le domaine, et de Dynamic Fuels LLC, une JV entre Tyson Foods, un géant de l'agroalimentaire et Syntroleum. Le diesel de Solazym provient d'algues<sup>114</sup>, tandis que celui de Dynamic est fabriqué à partir de produits végétaux et animaux<sup>115</sup>.

Au cours de l'exercice RIMPAC en 2016, les bâtiments de la Navy, ainsi que ceux des huit autres pays participants, ont utilisé 77 millions de gallons de F-76 mélangés à 10 % de biocarburant BPSK, obtenu par le procédé HEFA (acides gras et esters hydrotraités) à partir de suif de bœufs américains. Le coût de ce carburant mélangé, acheté auprès de AltAir, alors l'unique producteur de biocarburant de qualité militaire<sup>116</sup>, s'est élevé à 2,05 dollars le gallon<sup>117</sup>. Ce prix tient compte d'une subvention de 15 cents le gallon attribuée par le CCC en soutien aux produits agricoles nationaux. L'idée était d'augmenter progressivement le pourcentage de biocarburant au fur et à mesure que le coût de ce dernier diminuait.

En dépit de ce succès, l'idée d'une « Grande Flotte Verte » s'est heurté à du scepticisme et des résistances de la part de certains amiraux et parlementaires, surtout avec la chute du prix

du pétrole cette année-là. L'objectif de passer à 50 % de biocarburants d'ici 2020 leur semblait prématuré et inutile, bien que ce taux soit déjà dépassé en 2016 par la Navy pour ses besoins à terre<sup>118</sup>.

Les principales critiques ont porté sur le surcoût élevé des biocarburants<sup>119</sup>, surtout en 2012. Ce dernier s'explique en partie par le fait que la Navy en avait alors commandé en petites quantités : 450 000 gallons pour 12 millions de dollars, soit 26,67\$ le gallon. C'est la raison pour laquelle la Navy, le DoE et le DoA s'étaient unis pour faire chuter le coût en investissant dans des bioraffineries et en soutenant la production de biocarburants<sup>120</sup>. De fait, le mélange 90-10 de biodiesel tomba à 2,20\$ le gallon en 2016<sup>121</sup> contre 2,76 \$ le gallon de F-76, et en 2018, le gallon de biocarburant coûtait 2,17\$.

Malgré ces réussites, et en attendant de disposer de grandes quantités de biocarburants à bas coût, la Navy a utilisé 5% de biocarburant à l'huile de palme pour le déplacement de sa *Green Fleet* en Méditerranée en 2016 pour un coût à 13,46 \$ le gallon, plus de huit fois le prix du gallon de carburant conventionnel (1,60 \$)<sup>122</sup>. Et les calculs effectués sur plusieurs années montrent que la dépense en biocarburants reste plus chère que le pétrole : 58 millions de dollars entre 2007 et 2014,<sup>123</sup> soit 29,30 \$ le gallon, contre un coût unitaire de 3,35\$ le gallon de pétrole sur la même période. C'est donc bien à cause de leur coût, non concurrentiel par rapport aux produits pétroliers, que les biocarburants sont si faiblement consommés<sup>124</sup>.

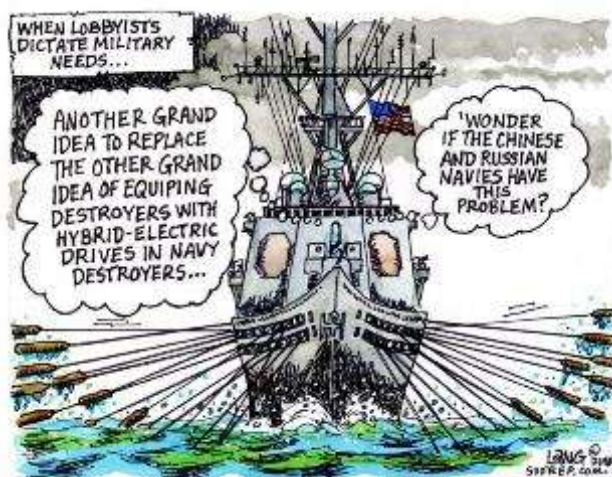


Figure 3 : Cartoon anti-biocarburant et moteur hybride : <https://i2.wp.com/thenewsrep.com/wp-content/uploads/2018/03/SofRep031818No644.jpg?resize=905%2C696&ssl=1>

#### 2.3.4 Etat des lieux du programme

Le courant républicain a montré une franche opposition au développement d'alternatives comme les biocarburants au motif que ces derniers étaient inefficaces et mettaient en danger la vie des militaires, pour des raisons purement idéologiques<sup>125</sup>. A titre d'illustration, Rachel Zissimos and Katie Tubb, de l'Heritage Foundation, écrivent qu'il n'y a nulle pénurie de pétrole, et donc aucune raison de les remplacer, et que les biocarburants ne procurent aucun avantage en termes d'efficacité ou de puissance.

**L'arrivée des Républicains au pouvoir en 2017 a donné lieu à plusieurs annulations de mesures, comme les Executive Orders 13423 et 13514, et des cessations de**

**financement de projets, comme Farm-to-Fleet, annulé le 1<sup>er</sup> février 2018**<sup>126</sup>. De même, le plan gouvernemental visant à installer des mécanismes d'entraînement hybride-électrique sur 34 destroyers a été annulé<sup>127</sup> en mai 2018 au prétexte que le coût était élevé<sup>128</sup> et l'efficacité non prouvée<sup>129</sup>. A ce jour, l'USS Truxtun est le seul destroyer à missile guidé équipé d'un tel mécanisme ; le bâtiment s'est révélé à l'usage moins gourmand en carburant que prévu – le ravitaillement se fait tous les quatre jours – mais moins capable d'accélérer rapidement<sup>130</sup>.

En dépit de ces oppositions, les marins se montrent tenaces. En janvier 2017, le secrétaire à la Navy, Dennis McGinn, confirmait l'intention de son armée de continuer à acheter du biocarburant et de soutenir le développement d'une industrie privée<sup>131</sup> pour des raisons de sécurité nationale, à condition que leur prix soit compétitif par rapport à celui du pétrole conventionnel<sup>132</sup>. Pour l'ancien commandant suprême de l'OTAN, le général Wesley K. Clark,

ne pas développer des carburants alternatifs à cause de leur coût initial élevé a représenté « la plus grosse erreur politique des Etats-Unis de ces quarante dernières années. »<sup>133</sup>

A ce jour, la Navy couvre 6 % de ses besoins en carburant par du biocarburant. Ces achats lui ont permis d'économiser en 2015 0,01 \$ par gallon sur du biocarburant mélangé 90-10 et 0,25 \$ par gallon sur des mélanges 70-30 en 2017<sup>134</sup>.

Les deux bioraffineries qui ont pu être encore financées en 2017 ne suffiront pas à produire le milliard de gallons annuel nécessaire pour répondre aux besoins de la Navy – sans compter les autres armées<sup>135</sup>. **A l'heure actuelle, l'armée américaine se trouve confrontée à un besoin de masse critique : tant qu'il n'y aura pas une réelle industrie de biocarburant capable de produire les 4 milliards de gallons nécessaires au DoD, le coût unitaire restera élevé et les aides fédérales pourront être considérées comme du gaspillage d'argent public.** C'est la raison pour laquelle le DoD espérait qu'être un gros client régulier encouragerait des entrepreneurs à se lancer sur ce créneau et suffirait à l'industrie pour se développer, comme cela s'est historiquement produit pour le nucléaire et l'électronique<sup>136</sup>.

En outre, dans une optique libérale, le DoD n'a jamais conclu d'accord de « pré-vente » du biocarburant aux armées<sup>137</sup> : le Département a toujours défendu le principe demandant aux raffineries d'être compétitives face aux carburants pétroliers<sup>138</sup>.

### 2.3.5 Autres modes de propulsion

Plutôt que de substituer des biocarburants au pétrole, une autre voie consiste à passer aux moteurs hybrides. La Marine a lancé dès 2006 son premier navire de combat de surface hybride, le USS Makin Island, lequel consomme moitié moins de pétrole qu'un navire équivalent<sup>139</sup>. Depuis, plusieurs bâtiments ont été équipés de moteurs hybrides. Cette technologie permet aux bâtiments d'opérer à faible vitesse sans faire tourner leurs moteurs principaux<sup>140</sup>.

Au plan des véhicules terrestre, la base de Kitsap a acheté en 2010 le premier parc de bus hybrides (diesel-électrique) de la Navy<sup>141</sup>. D'autres achats de véhicules électriques sur base ont été réalisés, comme sur la base aéronavale de Jacksonville où 60 voitures et camions ont été remplacés par des véhicules électriques solaires à faible vitesse en 2010<sup>142</sup>.

Une autre piste étudiée par les Marines est celle de l'hydrogène : des essais de véhicules à hydrogène, financés par le DoE, ont été réalisés en 2014 sur le camp de Pendleton en collaboration avec General Motors, Ford et Quantum Technologies ; les résultats serviront aux trois entreprises à améliorer leurs engins à hydrogène. La base dispose depuis 2011 d'une pompe à hydrogène et de quatre véhicules à hydrogène : un mini-bus de 10 personnes, deux Chevrolet Equinox et une Ford Escape<sup>143</sup>.

Enfin, d'une façon plus anecdotique, le NRL conduit le projet *Naval Alchemy* qui consiste à convertir le CO<sub>2</sub> contenu dans l'eau de mer en kérosène<sup>144</sup>. Un essai réalisé en laboratoire en 2014 s'est révélé concluant, mais il reste encore plusieurs années de recherche jusqu'à une éventuelle commercialisation. Son prix initial fluctuerait entre 4 \$ et 6 \$ le gallon<sup>145</sup>.

## 3 US Air Force

### 3.1 Les biocarburants : une priorité pour l'Air Force

#### 3.1.1 Avantages et inconvénients des biocarburants

Le kérosène est le plus gros poste de dépense énergétique de l'Air Force : 81% en 2017<sup>146</sup>, soit environ 8 Md\$ de dépenses, pour l'achat de 2,5 milliards de gallons de kérosène<sup>147</sup>. Entre 81 % et 85 % du pétrole acheté par l'armée de l'air est utilisé par les avions, 12% à 15 % par les

bâtiments et 4 % par les véhicules et équipements terrestres<sup>148</sup>. Le carburant, surtout pour les aéronefs, est donc une préoccupation majeure de l'Air Force, bien plus que l'énergie consommée par les emprises.

**Les essais conduits par l'armée de l'air ont mis en évidence deux avantages majeurs des biocarburants : grâce à leur quasi-absence d'impuretés, ils nécessitent une température de combustion plus faible, ce qui réduit la fatigue du métal ; les pièces du moteur peuvent donc durer jusqu'à dix fois plus longtemps<sup>149</sup>.** Et à volume égal, les biocarburants de type *drop-in* ont une masse 7 % plus faible, ce qui réduit le poids de l'avion et accroît sa capacité d'emport : un F/A-18 *SuperHornet* à pleine charge peut donc emporter un missile supplémentaire<sup>150</sup>.

En revanche, l'utilisation de graisses animales ou d'huiles végétales constitue un terrain à microbes, et la présence de ces derniers est susceptible de salir ou de dégrader les carburants, et d'abîmer les matériaux comme l'acier et les réservoirs. En 2016, même un nettoyage à haute pression ne suffisait pas à éliminer toute trace de microbes<sup>151</sup>.

### 3.1.2 Programmes de recherche

Comme la Navy, l'armée de l'air souhaite impulser la mise en place d'une industrie de production de biocarburants capable de répondre à la demande militaire et civile à un prix compétitif. A terme, elle aimerait faire voler tous ses aéronefs à l'aide d'un mélange 50:50 de kérosène synthétique et conventionnel.

Pour cela, le laboratoire de recherche de l'armée de l'air (*Air Force Research Laboratory*, AFRL) collabore avec plusieurs entreprises pour produire des biocarburants de qualité militaire, ces entreprises devant devenir à terme des fournisseurs concurrentiels.

L'armée de l'air a étudié quatre principales filières de carburants alternatifs. Elle a testé à partir de 2011 des biocarburants issus du procédé *alcohol-to-jet* destinés à remplacer le JP-8. Deux entreprises lui en ont fourni : Terrabon, qui a fait faillite en 2012, et Gevo, qui possède au moins deux bioraffineries (cf. annexe 14). Le premier essai sur aéronef a été réalisé le 28 juin 2012, sur un A-10 Thunderbolt II<sup>152</sup>. Par la suite, ces biocarburants ont été testés sur des chasseurs F-15 Eagle et F-22 Raptor, ainsi que sur des avions de transport C-17<sup>153</sup>.

L'armée s'est aussi intéressée aux *oil-to-jet*, des biocarburants produits à base d'huiles de plantes ou d'algues, et aux biocarburants obtenus à partir de bois ou de déchets végétaux (procédé CTS, *cellulosic to sugar*). Cette matière première se trouve facilement dans les déchets forestiers, ménagers et commerciaux ; son coût de production et de transport devrait donc être faible. En 2016, l'entreprise Alliance BioEnergy Plus travaillait étroitement avec le NREL pour bâtir une raffinerie qui utiliserait des déchets de jardin, des copeaux de pin et des tiges de maïs pour produire du JP-8.

La liste des biocarburants certifiés pour les flottes habitées et inhabitées figure en annexe 3.

Toutefois, **les bioraffineries ayant tardé à se mettre en place, l'offre est restée l'imitée et l'armée a préféré centrer ses efforts sur les mesures de réduction de sa consommation de pétrole<sup>154</sup>.**

Elle a donc manqué son but de couvrir la moitié de ses besoins domestiques en kérosène par des sources alternatives compétitives d'ici 2016, conformément à son *Energy Plan (2010)* pour 2030.

### 3.1.3 Une alternative : les véhicules électriques

Dans l'*Air Force Energy Flight Plan (2017)*, l'Air Force affirme encourager l'utilisation de flottes de véhicules terrestres électriques et roulant au carburant alternatif pour se prémunir de la volatilité des prix du pétrole, réduire la dépendance envers le pétrole non-américain et pour des raisons environnementales<sup>155</sup>. Cependant, il semble que l'armée s'intéresse aux véhicules



électriques principalement dans une démarche exploratoire, privilégiant les actions portant sur son aviation qui reste la principale consommatrice d'énergie.

D'octobre 2015 à décembre 2017, la base de Los Angeles a accueilli un projet pilote consistant à faire la démonstration de 42 véhicules électriques reliés au réseau (*vehicle-to-grid*, V2G) et de puiser dans leur énergie pour contrebalancer les baisses de tension du réseau électrique. Cette démonstration se faisait en partenariat avec l'US Army, la Navy et les Marines, le milieu universitaire et le secteur privé<sup>156</sup>. Le concept a été validé, mais la commercialisation n'est pas attendue avant 2025 environ<sup>157</sup>.

En 2017, une voiture Tesla Modèle S a été achetée pour aider les avions espions U2 à atterrir et décoller. Cette automobile a le temps d'accélération le plus court, mais son prix est élevé<sup>158</sup>. Le modèle autonome X a été acheté la même année par l'US Air Force Academy comme objet d'étude sur l'interaction entre les humains et les véhicules pleinement autonomes dotés de systèmes avancés de détection d'objet et d'intelligence artificielle<sup>159</sup>. Des essais ont également été conduits sur des véhicules à hydrogène depuis la fin des années 2000 sur plusieurs bases, et se poursuivent en 2018, comme sur la base de Pearl Harbor où cette source d'énergie viendrait compenser l'intermittence de l'éolien et du solaire<sup>160</sup>.

## 3.2 Actions sur les énergies renouvelables

### 3.2.1 Politique générale

En 2008, l'armée de l'air fait paraître le *United States Air Force Infrastructure Energy Strategic Plan*, dans lequel elle reprend les demandes fédérales d'utiliser davantage les énergies renouvelables, les carburants alternatifs et les véhicules hybrides. Elle y développe un programme dédié à assurer sa sécurité énergétique, comprenant l'introduction de bâtiments passifs (un an avant l'EO 13514), orienté selon le triptyque résilience/diminution de la demande/sécurisation des approvisionnements. Comme pour l'armée de terre, l'objectif est de garantir la capacité d'action de l'armée. Deux ans plus tard, elle publie l'*Air Force Energy Plan* dans lequel elle se fixe des objectifs pour 2030 appelées "End State Goals" (cf. annexe 6). Parmi eux, figure l'obligation pour les bases avancées de se procurer de l'électricité issue des sources renouvelables, et pour les flottes de voler avec des carburants alternatifs mélangés à condition que cela soit économiquement intéressant, produit domestiquement, et que l'empreinte carbone ne dépasse pas celle des combustibles fossiles. En 2013, l'armée de l'air comptait 261 projets de production d'énergies renouvelables<sup>161</sup>.

Plus récemment, en janvier 2017, l'armée de l'air a publié un document stratégique, l'*Air Force Energy Flight Plan*<sup>162</sup>, destiné à s'assurer que son approvisionnement énergétique ne lui fera pas défaut : on retrouve les concepts d'énergie opérationnelle et de résilience énergétique<sup>163</sup>. L'armée y reprend les objectifs fédéraux et en précise certains, se donnant par exemple comme but d'accroître l'usage de carburants alternatifs pour les véhicules terrestres et les équipements d'ici 2020, et la consommation de carburants alternatifs concurrentiels lors d'opérations de routine d'ici 2025. Mais **c'est parce que l'élément le plus critique selon elle reste que ses avions volent que l'armée de l'air n'accorde qu'un intérêt mineur aux énergies renouvelables dans ce document**<sup>164</sup> et les présente comme un secteur de niche peu rentable<sup>165</sup>.

### 3.2.2 Soutien des universités et des centres de recherche nationaux

Les universités publiques et privées et les centres de recherche nationaux comme le NREL sont, comme toujours aux Etats-Unis, mobilisées pour effectuer la R&D nécessaire pour atteindre les objectifs<sup>166</sup>. Les universités peuvent faire l'objet d'une veille de l'état de l'art, ou obtenir des contrats de recherche co-financés par le DoD.

A titre d'illustration, l'institut de recherche sur les bioproduits forestiers (*Forest Bioproducts Research Institute*) de l'université du Maine a reçu en août 2016 la somme de 3,3 millions de dollars du DoD pour accélérer la production de biocarburant à partir de la cellulose du bois, une source soutenue au niveau fédéral<sup>167</sup>.

### 3.2.3 Résultats

En 2017, 356 programmes de production d'énergie renouvelable sont opérationnels ou en construction, sur 126 sites. Grâce à eux, l'Air Force a produit sur ses bases 183 MW d'énergie renouvelable, soit 6,7 % de l'électricité consommée au total cette année-là. En compensation, l'Air Force achète massivement de l'électricité verte<sup>168</sup>. Les programmes en cours en 2017 prévoient une capacité totale de production supplémentaire de 102,3 MW<sup>169</sup>.

Au final, le constat est voisin de celui de la Navy. La plupart des projets initiaux permettent de produire entre 5 MW et 17 MW et sont en solaire (cf. carte en annexe 7). Cela peut suffire, comme pour la base de Nellis, dans le Nevada, qui déploie 14,2 MW de panneaux photovoltaïques et tire 25 % de son énergie grâce au solaire, couvrant ainsi 38 % de ses besoins énergétiques via le recours aux énergies renouvelables<sup>170</sup>.

Par la suite, certains projets deviennent plus ambitieux : la base de Vandenberg (Californie) jouit de 28 MW en photovoltaïque depuis 2018, tandis que la base Robins (Géorgie) prévoit d'installer cette année 139 MW de production photovoltaïque<sup>171</sup>.

Certaines bases se lancent également dans un second projet, ce qui témoigne de l'intérêt de ces énergies, mais le niveau de production varie beaucoup d'un site à l'autre. Par exemple, la base d'Eglin (Floride) dispose d'une usine de biomasse lui procurant 25 MW, et a lancé un appel d'offre en 2017 pour installer des panneaux solaires d'une capacité de 30 MW.

Outre le solaire, l'armée de l'air recensait en 2017 trois projets en géothermie, deux projets en éolien et deux installations de biomasse (cf. carte annexe 7). Concernant l'éolien, l'armée de l'air a montré qu'il était possible de faire cohabiter l'énergie éolienne sur un site aérien à condition de tenir compte dès le début du projet des restrictions en hauteur, aux angles de trajectoire de descente des avions, et aux interférences radars (voir des exemples en annexe 11). Comme nous le verrons avec l'armée de terre, l'armée de l'air a recours au stockage de l'énergie : la base aérienne de *Los Alamitos* (Californie) a pu de cette façon porter son autonomie énergétique de quatre à neuf jours.

**Les résultats plutôt modestes de l'armée de l'air s'expliquent en partie par le fait que dans de nombreux endroits des Etats-Unis, l'Air Force Civil Engineer Center a constaté qu'il revenait moins cher d'acheter de l'énergie auprès du fournisseur local que d'installer un système de production d'énergie renouvelable, car ces énergies requièrent un investissement de départ élevé<sup>172</sup> (cf. annexe 8).**

## 4 US Army

### 4.1 Textes d'orientation politique

Comparée aux autres armées, l'armée de terre consomme moins d'énergie. En effet, les transports sont les postes les plus gourmands et l'armée de terre dépend beaucoup pour ses déplacements de l'armée de l'air et de la Navy. Ses besoins sont donc centrés sur ses bases, à hauteur de 21 millions de barils de pétrole par an. A titre informatif, les infrastructures et les véhicules non-tactiques (NTV) représentent 72 % du total de la consommation d'énergie en temps de paix, et 39 % en temps de guerre<sup>173</sup>.

Consciente des contraintes que font peser les besoins en énergie sur sa capacité opérationnelle, mais aussi sur ses ressources budgétaires<sup>174</sup>, l'armée de terre a publié plusieurs documents méthodologiques pour atteindre l'autonomie énergétique. Sans viser l'exhaustivité, citons l'*Army Energy Strategy for Installations*<sup>175</sup> (2005), l'*Army Sustainability Report* (2007), l'*Army Energy & Water Campaign Plan for Installations* (2007), l'*Army Energy Security Implementation Strategy*, paru en janvier 2009, *Army Zero Net Initiative*, en octobre 2010, sa propre déclinaison de la politique en matière d'énergie opérationnelle (*Army Operational Energy Policy*<sup>176</sup>, 2013), l'*Energy Security and Sustainability (ES2) Strategy* (2015), qui remplace la stratégie de 2009 en matière de sécurité énergétique et englobe en plus la notion de durabilité et d'énergie opérationnelle<sup>177</sup>.

Le même principe stratégique structure ces documents : réduire les besoins en énergie, mieux utiliser l'énergie disponible, et accroître le recours aux renouvelables. Pour y parvenir, l'*Army Energy Security Implementation Strategy* (2009) incite à nouer des partenariats avec l'industrie, le milieu universitaire, les agences fédérales et étatiques, les ONG et les collectivités locales pour trouver ensemble des solutions<sup>178</sup>.

En 2010, l'armée de terre introduit l'initiative *Net Zero Pilot Installation*, présentée comme un concept fondateur de la stratégie de gestion des ressources de l'armée de terre. Deux axes sont mis en avant : réduire les besoins en énergie par des mesures d'économie et d'efficacité, et satisfaire les besoins réputés alors incompressibles par de la cogénération et de la production d'énergie renouvelable<sup>179</sup>. Le 28 janvier 2014, l'Army a étendu cette mesure à l'ensemble de son personnel à travers la directive 2014-02.1 *Net Zero Installations Policy*, contraignant tous les sites permanents de l'armée d'active et de réserve ainsi que tous ceux de la garde nationale à évaluer la faisabilité d'atteindre l'autonomie en énergie et à prendre des mesures en ce sens lorsqu'elles sont financièrement raisonnables<sup>180</sup>. Un guide est paru en novembre 2014 pour aider à financer les actions<sup>181</sup>. **Idéalement, l'armée souhaite avoir cinq emprises autonomes en énergie en 2020 et vingt-cinq autres en 2030. Ce faisant, l'armée de terre va au-delà des objectifs fédéraux.**

Enfin, toujours dans une finalité de résilience, le secrétaire à l'Army a publié le 23 février 2017 une directive enjoignant ses régiments, y compris ceux de la garde nationale et les sites de réservistes – mais ni les sapeurs, ni les bases temporaires – à s'assurer une autonomie énergétique et hydrique des installations pour quatorze jours<sup>182</sup>. Ce chiffre repose sur les études de pannes de courant existantes et doit permettre d'assumer les missions critiques. Aucune date n'est fixée, mais une analyse des ressources nécessaires et un plan d'action doivent être élaborés, et les financements recherchés<sup>183</sup>.

**Concernant l'autonomie du soldat débarqué, l'Army collabore avec les Marines et est parvenue à proposer plusieurs solutions, la plupart basées sur le solaire.** L'armée a ainsi déployé en Afghanistan en 2010 des sacs à dos solaires appelés *Rucksack Enhanced Portable Power System* (REPPS) développés par le *U.S. Army Research, Development and Engineering Command*. D'un poids de 4,5 kg, il emporte une sorte de couverture solaire capable de générer 62 watts, des connecteurs et des adaptateurs pour recharger les équipements<sup>184</sup>. L'armée utilise également depuis 2010 des tentes solaires de plusieurs formats réalisées en silicium amorphe par Iowa Thin Film Technologies : QUADrant génère 200 W d'électricité, TEMPER Fly produit environ 800 W, et Power Shade fournit 3 kW<sup>185</sup>. Par la suite, une version en plastique a été mise au point par des chercheurs de l'université du Michigan<sup>186</sup>.

## 4.2 Actions prises

### 4.2.1 Sur sites

Pour atteindre ces objectifs, l'armée de terre s'est lancée dans des collaborations avec d'autres départements fédéraux, notamment celui à l'énergie, des ONG spécialisées, et a soutenu des travaux de recherche en écoconstruction et en bâtiments haute performance. Par exemple, le projet de recherche en énergie de Fort Carson (*Fort Carson Energy Research Project*) est un partenariat entre le *General Services Administration*, le laboratoire national du Pacifique Nord-Ouest du DoE et le NREL<sup>187</sup>.

En effet, jusqu'en 2015, l'armée de terre a privilégié la production sur ses emprises à l'achat d'énergie à un prestataire de services exploitant une usine extérieure sans garantie d'approvisionnement. **A cette fin, l'Army a conduit un travail d'évaluation du potentiel du territoire américain en matière d'énergie solaire, éolienne, géothermique et en biomasse (annexe 9), ce qui lui a permis de guider ses régiments dans le choix de l'énergie renouvelable à développer.** Même si la production se fait sur ses sites, l'armée de terre a passé des contrats avec des entreprises privées à qui elle a loué la terre ou demandé de construire une usine et d'en assurer l'exploitation sur place. Grâce à cette autoproduction, l'armée de terre réalise des économies et tire des revenus supplémentaires des excédents de production. L'entreprise, de son côté, est assurée d'une demande stable.

Une liste des régiments approvisionnés en énergie renouvelable est disponible en annexe 12. La même démarche s'applique aux bases avancées : en 2016, l'énergie solaire a été installée sur une base (non nommée), ce qui a permis de réduire la consommation de pétrole de 80 %, les générateurs ne tournant plus que trois heures par jour au lieu de vingt-quatre heures<sup>188</sup>.

### 4.2.2 Leçons tirées<sup>189</sup>

Le solaire est la principale source d'énergie exploitée. Les autres sources, considérées comme relativement moins matures, sont néanmoins mises en œuvre.

L'énergie solaire procure des niveaux de production atteignant 30 MW en 2017. Le plus gros projet d'installation de l'armée de terre est à Fort Stewart (Géorgie), avec l'installation sur 100 ha de 139 200 panneaux photovoltaïques capables de générer 30 MW d'électricité.<sup>190</sup> Le site, inauguré en décembre 2016, est pressenti comme le plus gros producteur d'énergie solaire de l'Etat de Géorgie. Pour les emprises qui manquent d'espace, l'armée de terre recommande de poser les panneaux photovoltaïques sur les toits des immeubles et des parkings, ou de créer des passages couverts comme à Fort Hunter Liggett (Californie) (image ci-dessus).



Figure 4 : Création à Fort Hunter Liggett d'un toit de 6 m de haut pour y poser des panneaux photovoltaïques  
 Source : *Lessons Learned in Net Zero Energy, op. cit*

La biomasse et la valorisation des déchets est la deuxième méthode de production d'énergie la plus utilisée. Là où la biomasse est importante, comme dans l'Oregon ou le Michigan, la garde nationale souhaite l'utiliser à la place de l'énergie thermique produite à partir du propane. L'incinération des déchets supprime le besoin de lieux de dépôts (gain d'espace), produit de la chaleur et de l'électricité, voire du carburant, mais la technologie est moins mature et plus onéreuse. L'armée de terre pense utiliser également les déchets des communes voisines<sup>191</sup>. Mais ce type d'usine nécessite d'être alimenté en permanence, ce qui nécessite une logistique efficace, un emplacement adéquat et une bonne connaissance préalable du

marché dont l'approvisionnement dépend : sylviculture, papeteries, décharges, sociétés d'enlèvement des déchets, etc.

Ensuite vient la géothermie. Elle est estimée rentable et fiable, mais jusqu'à récemment limitée à des zones propices, proches de la limite de plaques tectoniques. Les avancées techniques ayant étendu ses applications, davantage de régiments s'y sont intéressés, à l'image du dépôt de munitions de Hawthorne (Nevada) qui est désormais autonome et indépendant du réseau électrique national<sup>192</sup>.

Enfin, on trouve quelques projets éoliens et hydrauliques. L'énergie éolienne est considérée comme largement distribuée mais inconstante, nécessitant donc un stockage, soit sous forme d'énergie électrique, de combustible à hydrogène ou de piles à combustible fixes.<sup>193</sup> Il est cependant possible d'avoir une production importante, comme à Fort Hood (Texas) qui depuis 2017 produit 50 MW grâce à l'énergie éolienne, et couvre la moitié de ses besoins par les renouvelables<sup>194</sup>. Quant à l'hydraulique, la question est surtout celle de la disponibilité géographique. L'arsenal de Rock Islands (Illinois), par exemple, produit un tiers de son électricité par cette voie.

De ses expériences, l'armée de terre en retire que le stockage est un point majeur quand la source énergétique est très inconstante. Neuf sites pilotes du programme *Net Zero* y ont eu recours pour atteindre leur objectif<sup>195</sup>. Néanmoins, stocker l'énergie renouvelable n'est vraiment rentable que là où les tarifs de l'électricité sont élevés, comme à Hawaï ou en Californie<sup>196</sup>.

**Le souhait de l'armée de terre est d'installer des piles de capacité importante (environ 1 MW) sur les grosses installations.** La première a été posée à Redstone Arsenal (Alabama) en février 2018 et fournira 2 MWh. L'armée prévoit d'installer des piles plus puissantes sur d'autres emprises<sup>197</sup>.

**Plusieurs solutions techniques sont en cours d'évaluation : les piles, les volants d'inertie, l'air comprimé, les centrales de pompage et les solutions chimiques comme les piles à hydrogène**<sup>198</sup>. En octobre 2018, l'armée de terre et le DoE ont signé un accord-cadre pour coopérer au développement des piles à combustible et à celui des technologies à hydrogène dans une optique duale<sup>199</sup>. L'hydrogène serait tiré de ressources nationales diverses (énergies renouvelables, fossiles, nucléaire). Une nanopoudre à base d'aluminium fabriquée à partir d'urine humaine et qui produit de l'hydrogène au contact de l'eau – hydrogène qui servirait à alimenter les piles à combustible – constitue une piste sérieusement étudiée par l'Army Research Laboratory. Un kilogramme de cette poudre pourrait générer 220 kW d'énergie en trois minutes<sup>200</sup>.

#### 4.2.3 Résultats

Sur 2017, l'armée de terre a produit 320 MW d'énergie<sup>201</sup>, presque le double du niveau de 2015 (174 MW<sup>202</sup>). A cette époque, 77 % était autoconsommé, lui permettant de satisfaire 2% de ses besoins totaux en énergie<sup>203</sup> ; les achats lui apportaient 10 % de plus. Plutôt que de multiplier les petits projets – en 2014, la garde nationale avait installé en tout 72 petites installations d'énergie renouvelable – l'armée de terre s'est lancée par la suite dans des projets de plus grande envergure : neuf projets à grande échelle ont vu le jour en 2017, produisant plus de 250 MW d'énergie renouvelable, et deux autres, pour un total de plus de 60 MW, étaient en construction<sup>204</sup>.

Les efforts de l'armée de terre en matière d'énergies renouvelables et de véhicules électriques<sup>205</sup> font d'elle un élément moteur du DoD dans ces domaines. Elle a d'ailleurs été

primée en 2018 dans le cadre du programme fédéral de gestion de l'énergie pour ses 350 MW d'énergie consommée autoproduite<sup>206</sup>, et croit en sa capacité d'atteindre le GW produit en 2025 conformément à l'objectif fédéral<sup>207</sup>.

Cependant, l'armée de terre a constaté à partir de ses installations pilotes que certains régiments bénéficient d'un environnement plus favorable que d'autres pour produire leur énergie : bas coût de l'énergie déjà disponible, faible espace de libre sont autant de freins à un projet d'autoproduction. Ainsi, les emprises de Kwajalein Atoll (îles Marshall), de West Point (New York) et d'Oregon National Guard ne parviendront probablement pas à être autonomes en énergie d'ici 2020 (voir annexe 12). A l'inverse, des sites comme Fort Hunter Liggett (Californie) pourraient être autonomes avant 2020, tandis que Camp Parks (Californie) pourrait atteindre les 85 % de couverture à cette date<sup>208</sup>.

### 4.3 Actions portant sur les véhicules terrestres

Détenant un peu moins de la moitié des véhicules non-tactiques du DoD<sup>209</sup>, l'armée de terre a conduit l'essentiel des travaux du DoD sur les véhicules électriques<sup>210</sup>. En 2009, elle a mis en place le programme *Advanced Vehicle and Power Initiative (AVPI)*<sup>211</sup> destiné à remplacer ou à transformer par des kits de conversion les véhicules non-tactiques roulant au pétrole en véhicules électriques ou hybrides<sup>212</sup>. En 2011, plus de 500 véhicules hybrides et 4 000 véhicules électriques à faible vitesse étaient déjà déployés sur ses emprises métropolitaines<sup>213</sup>, et environ 300 véhicules loués étaient remplacés par des véhicules électriques ou consommant du biocarburant E-85<sup>214</sup>.

Pour alimenter ces véhicules, les régiments étaient incités à installer dans un premier temps une source d'énergie renouvelable d'environ 1 MW ou au moins 7 000 MWh par an, puis 180 MW (1 million MWh). Ainsi, l'armée de terre envisage conjointement l'autonomisation de ses emprises (programme *Net Zero* d'autoproduction d'énergie verte) et la conversion des véhicules à l'électricité.

Le choix de l'électrique pour les véhicules non-tactiques a par la suite été étendu aux véhicules tactiques : en 2017, un responsable américain annonçait que d'ici dix ans, certaines *Brigade Combat Teams* seraient équipées d'une nouvelle génération de véhicules tout électriques<sup>215</sup>, grâce aux progrès réalisés plus vite que prévu dans les batteries, désormais plus denses en énergie, plus faciles à recharger et moins chères. Les moteurs électriques présentent également des avantages opérationnels qui séduisent les terriens<sup>216</sup> : silencieux, résilient, discret, etc. **L'armée envisage donc d'installer des piles à combustible dans ses chars pour alimenter les équipements de bord<sup>217</sup>, lorsque la technologie sera mature<sup>218</sup>.** L'idée est d'utiliser l'hydrogène contenu dans le diesel JP-8 et de la convertir en électricité<sup>219</sup>.

Pour y parvenir, l'armée de terre peut compter sur ses propres lieux de recherche et d'essais, comme le *Tank Automotive Research, Development and Engineering Center (TARDEC)*, l'*Engineer Research and Development Center - Construction Engineering Research Laboratory (ERDC-CERL)*, ses nouveaux laboratoires, comme le QUAND installé dans le Michigan<sup>220</sup>, ou le GSPeL (*Ground Systems Power and Energy Lab*) à l'arsenal de Détroit, haut lieu de l'industrie automobile, pour tester et qualifier les technologies de propulsion et de génération d'énergie des prochains véhicules de combat<sup>221</sup>. Au niveau fédéral, la DARPA apporte son soutien, par exemple avec le programme *Ground X-Vehicle Technologies (GVX-T<sup>222</sup>)* au sein duquel Qinetiq a développé un moyeu électrique contre 1,5 million de dollars.

Le secteur privé est lui aussi mobilisé : General Electric Aviation a obtenu un contrat en décembre 2015 du TARDEC pour avancer sur l'architecture électrique de ces véhicules<sup>223</sup>. General Motors, de son côté, propose ses produits tirés du civil, comme le Silverado ZH2<sup>224</sup>, une voiture fonctionnant grâce à des piles à combustible. Le véhicule, qui produit 25 kW en continu

et 50 kW à l'arrêt, a été testé avec succès en janvier 2018 au camp de Schofield<sup>225</sup>. Cette collaboration avec les principales entreprises du secteur se justifie d'autant que derrière ce projet de passage aux véhicules électriques, figure explicitement la volonté de créer des emplois<sup>226</sup> et de dynamiser le secteur privé pour réduire les coûts unitaires, donner un coup de fouet au marché civil, imposer les normes du secteur et faire en sorte que le réseau électrique permette aux véhicules de s'approvisionner en renouvelable<sup>227</sup>.

Outre l'électricité, l'armée de terre explore la piste des biocarburants pour son aviation légère et ses véhicules terrestres qui utilisent du carburant d'aviation à base de kérosène<sup>228</sup>, conformément à sa propre recommandation de 2010 (*Tactical Fuel and Energy Implementation Plan*) de satisfaire la moitié de ses besoins en carburant pour l'entraînement sur base des flottes tactiques (de surface et aériennes) par des carburants alternatifs mélangés. Elle a ainsi certifié un mélange 50:50 de JP-8 et de kérosène paraffinique synthétique (SPK) produit par synthèse Fischer-Tropsch<sup>229</sup>. Elle a également testé des carburants de synthèse issus de charbon et de gaz naturel créés par le procédé Fischer-Tropsch. Pour autant, l'armée de terre n'a pas adopté d'objectif précis concernant les biocarburants.

## Conclusion

Contrairement à l'image que l'on peut avoir des Etats-Unis, les armées américaines s'efforcent depuis au moins une quinzaine d'années d'introduire les énergies renouvelables et les biocarburants dans leur quotidien. Si l'armée est encore loin de l'autonomie énergétique, elle vise néanmoins cet objectif en vue d'assurer sa résilience en cas de rupture d'approvisionnement. En conséquence, de plus en plus de bases militaires signent des contrats avec des sociétés privées, généralement sous forme de partenariat public-privé : ces dernières font bénéficier les militaires de leur maîtrise de la production d'énergie renouvelable en construisant et en opérant leurs installations sur les terres mises à disposition par les armées. L'énergie ainsi produite est ensuite distribuée au(x) site(s) militaire(s) le(s) plus proche(s), mais également aux populations environnantes. L'existence d'une offre privée de qualité – les batteries restant à améliorer – explique que l'essentiel de la R&D militaire soit centrée sur l'accroissement de la densité énergétique afin de pouvoir prochainement alimenter les plateformes militaires des trois milieux<sup>230</sup>.

Du fait d'écarts dans les priorités énergétiques, une certaine spécialisation s'est opérée entre les armées. L'armée de terre a ainsi axé son action sur la production d'énergies renouvelables sur ses sites, tandis que la Navy s'est davantage tournée vers les biocarburants. Les Marines se sont associés à l'armée de terre pour équiper les combattants de dispositifs de production d'énergie utilisables sur le terrain : tentes, sacs à dos, etc. L'armée de l'air a, comme la Navy, mis l'accent sur les biocarburants pour faire voler ses aéronefs, mais semble moins engagée que les deux autres armées. C'est d'ailleurs la seule à inclure l'énergie nucléaire parmi les sources alternatives de production d'énergie et à citer les petits réacteurs nucléaires comme une voie à développer pour produire de l'énergie sur site.

**L'attachement aux énergies vertes s'observe dans la ténacité de la Navy à soutenir la création d'une industrie privée de bioraffineries. L'armée de terre, de son côté, tient compte des conséquences environnementales depuis la fin des années 1980. Il est moins clair pour l'armée de l'air, dont les démarches de certification n'ont pas permis d'initier une réelle substitution du kérosène par des carburants alternatifs.**

Si la Navy persiste et gagne son pari, alors les armées américaines disposeront d'une offre crédible de biocarburants dont bénéficiera de fait l'Air Force. De même, en continuant sur la voie des infrastructures passives et de l'autonomisation énergétique des emprises terrestres, l'armée de terre offrira des solutions éprouvées aux autres armées, dont la mise en œuvre dépendra essentiellement de la disponibilité des ressources à proximité et du tarif de vente local de l'électricité.

A ce sujet, le centre de recherche Energy Innovation montre, dans une étude parue en mars 2019, que le coût du charbon est supérieur à celui des énergies renouvelables<sup>231</sup>. En témoigne déjà le coût de 23,76\$ le MW/h d'électricité que produira à partir de 2021 la ferme solaire d'Eagle Shadow Mountain, d'une capacité de 300 MW. L'Agence Internationale des Energies Renouvelables estime pour sa part que l'électricité d'origine renouvelable est déjà moins chère que l'électricité conventionnelle dans une soixantaine de pays, et devrait être la moins chère au niveau mondial en 2020 ; elle prévoit par ailleurs une baisse de 60 % du prix des batteries d'ici 2030<sup>232</sup>.

Pour les militaires américains, le prix joue en un rôle relativement mineur, car leur principale motivation est d'ordre tactique<sup>233</sup>. En revanche, le coût constitue un argument utilisé par les politiques, et notamment les Républicains, pour freiner les programmes.

Ainsi, de fortes réductions étaient demandées dans les budgets du DoE en 2018 et 2019 ciblant davantage les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique (-65 %) que le nucléaire (-37,2 %) ou les énergies fossiles (-30,9 %) <sup>234</sup>. Et malgré des demandes de coupes drastiques dans les budgets de R&D du DoE (-70% pour les énergies renouvelables, -66% sur les technologies du bâtiment, etc.), le poste des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique a bénéficié pour 2018 d'une hausse de 11 % par rapport à l'année précédente<sup>235</sup>.

Réduire les moyens financiers du DoE est d'autant plus significatif que dans les derniers rapports du *Congressional Research Service* sur les énergies renouvelables, il apparaît que les activités de promotion des énergies renouvelables et des véhicules électriques ne soient plus du ressort du DoD : le rapport de février 2019 sur les biocarburants, par exemple, mentionne l'action de cinq départements mais omet de parler du DoD<sup>236</sup>.

**Les obstacles qui se dressent devant l'armée américaine depuis deux ans mettent à l'épreuve sa résolution. Il restera à voir d'ici trois ans si elle sera parvenue à poursuivre ses avancées en dépit d'un contexte politique défavorable.**



## ANNEXE 1 – Consommation d'énergie des Etats-Unis et du DoD

### Consommation de pétrole par les Etats-Unis sur les 45 dernières années

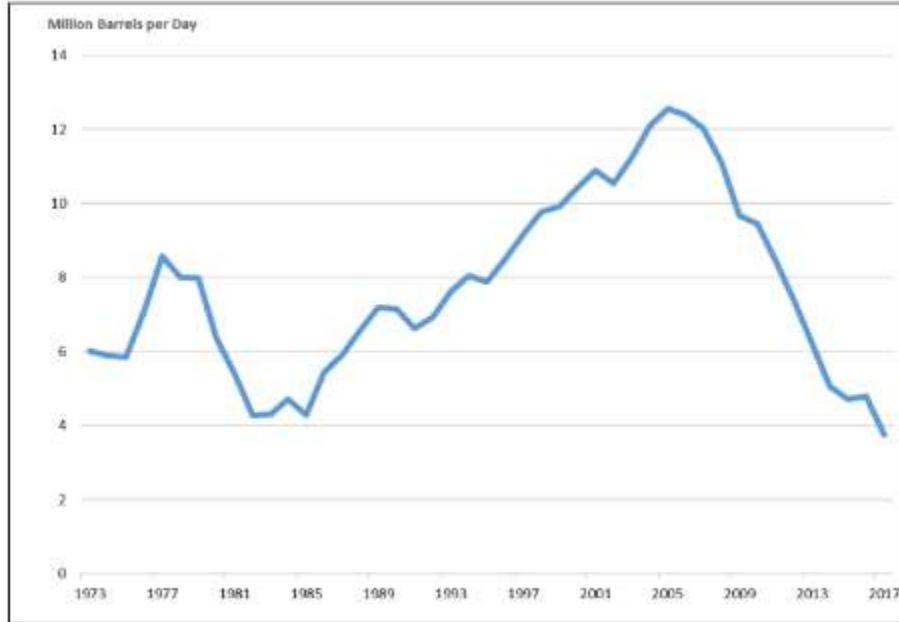


Figure 5: Importations nettes de pétrole brut et de produits pétroliers par les Etats-Unis entre 1973 et 2017 (moyennes annuelles)

Source : *Alternative Fuel and Advanced Vehicle Technology Incentives: A Summary of Federal Programs*, CRS, R42566, 26 février 2019, p.2, à partir des données de l'Energy Information Administration

### Consommation de pétrole du DoD

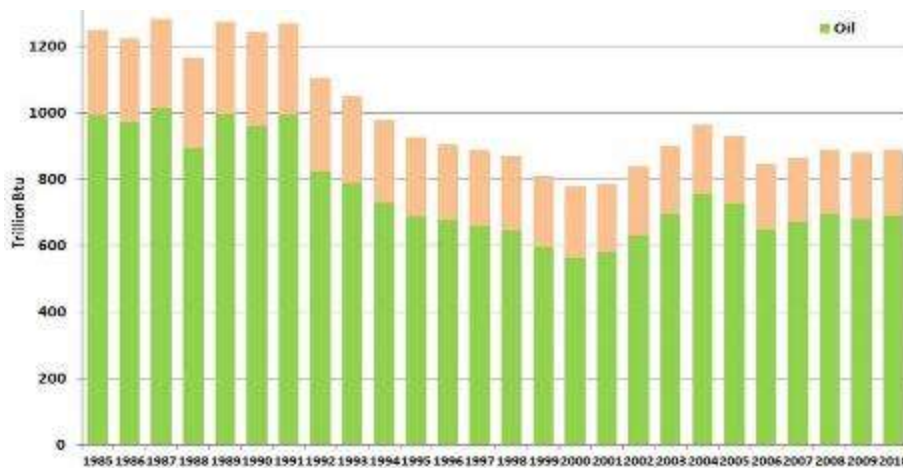


Figure 6: Consommation de pétrole (en vert) et de produits pétroliers (en orange) par le DoD entre 1985 et 2010

Source : Setyo Budi, « DOD Needs to be More Transparent on its Energy Initiatives », 24 août 2012, <<http://dodenergystrategy.blogspot.com/>>, basé sur les données de l'EIA

## Ventilation de la consommation du DoD

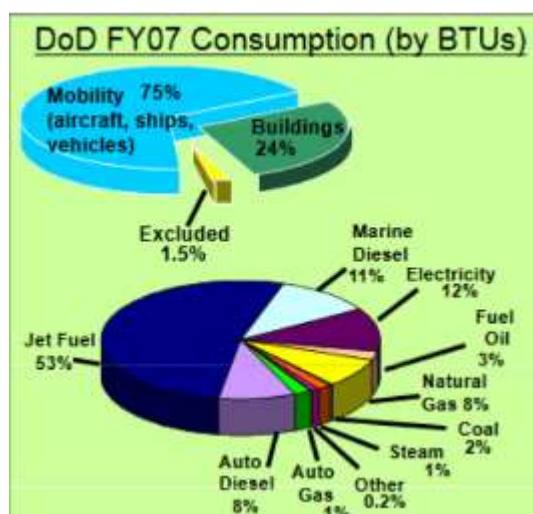
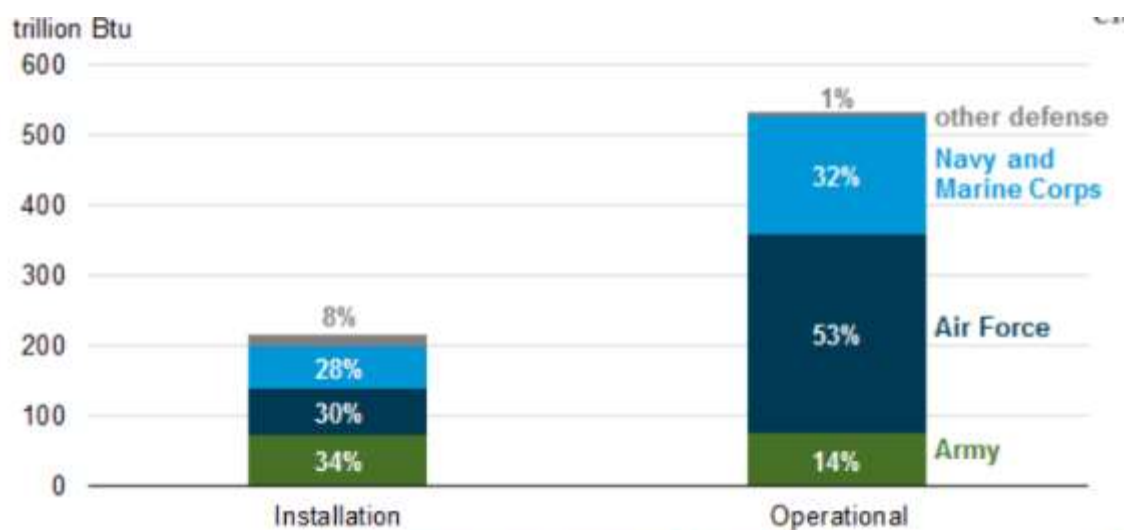


Figure 7 : Consommation de pétrole par le DoD en 2007 (en BTU)

Source : Richard Carlin, *Brief to Hydrogen Technology Advisory Group DoD R&D Update*, Office of Naval Research, s.d. <[https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/htac\\_feb\\_23\\_10\\_dod\\_update.pdf](https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/htac_feb_23_10_dod_update.pdf)>

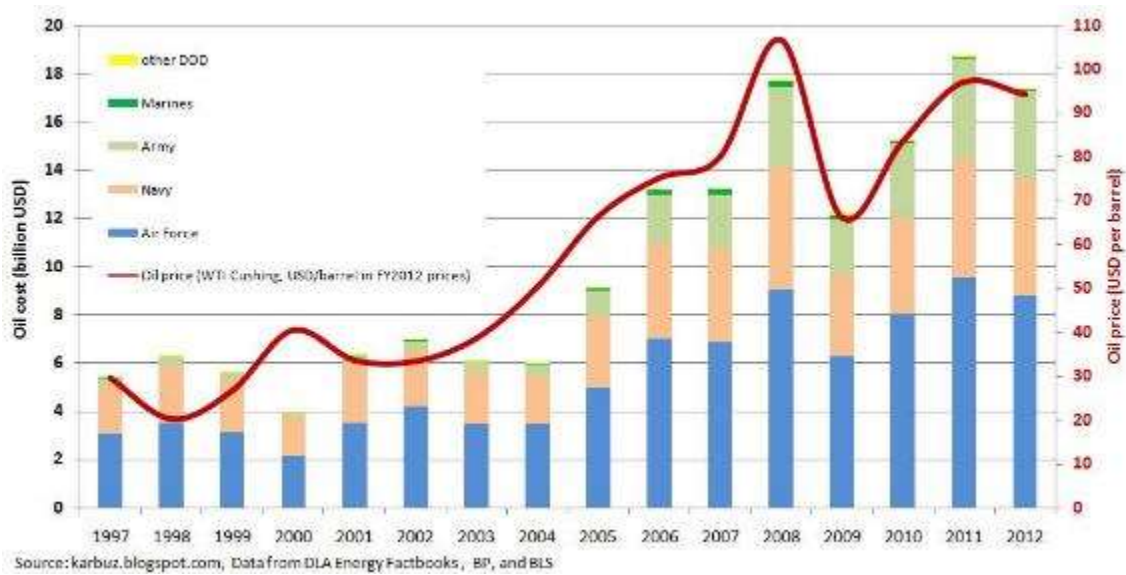


Source: FY 2013 Department of Defense [Annual Energy Management Report](#), FY 2013 Department of Defense [Energy Annual Report](#)

Figure 8 : Répartition de la consommation de pétrole par armée (2013)

Source : EIA <<https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=19871>>

Ventilation par armée



Source: karbuz.blogspot.com, Data from DLA Energy Factbooks, BP, and BLS

Figure 9: Consommation de pétrole par armée entre 1997 et 2012

Source : « US Military Energy consumption in figures : how much does it cost? », 14 octobre 2015  
 <<https://thediomat.gr/?p=5128>>

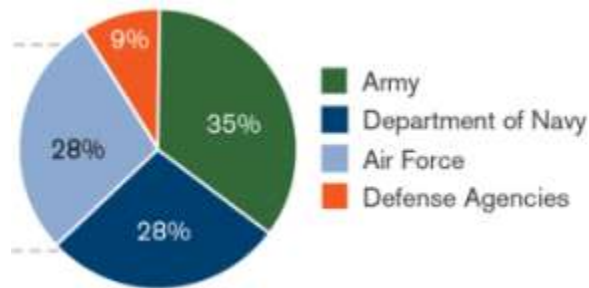


Figure 10: Ventilation de la consommation du pétrole du DoD par armée (2016)

Source : Office of the Assistant Secretary of Defense for Energy, Installations, and Environment Department of Defense Annual Energy, *Annual Energy Management and Resilience Report (AEMRR) – Fiscal Year 2017*, juillet 2018, p.16 <<https://www.acq.osd.mil/eie/Downloads/IE/FY%202017%20AEMR.pdf>>

L'Air Force et la Navy consomment ensemble 85% du pétrole du DoD.

### Détail de la consommation pour l'installation par armée

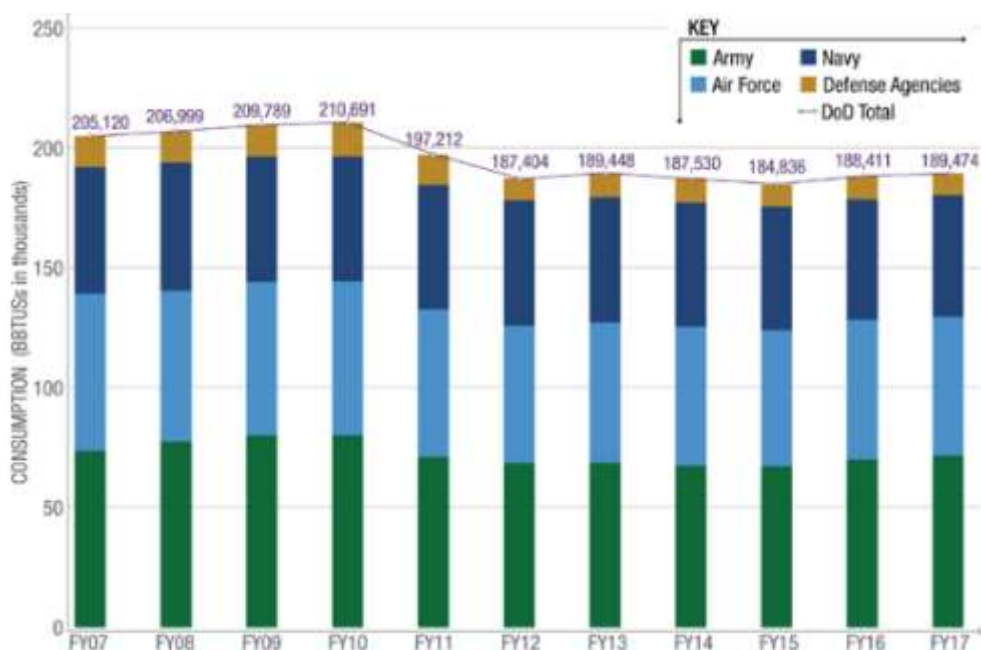


Figure 11 : Consommation pour l'installation par armée sur 2017

Source : Office of the Assistant Secretary of Defense for Energy, Installations, and Environment Department of Defense Annual Energy, Annual Energy Management and Resilience Report (AEMRR) – Fiscal Year 2017, juillet 2018, p.16 <<https://www.acq.osd.mil/eie/Downloads/IE/FY%202017%20AEMR.pdf>>

### Usage fait par l'armée américaine de l'énergie opérationnelle au cours de l'année 2014

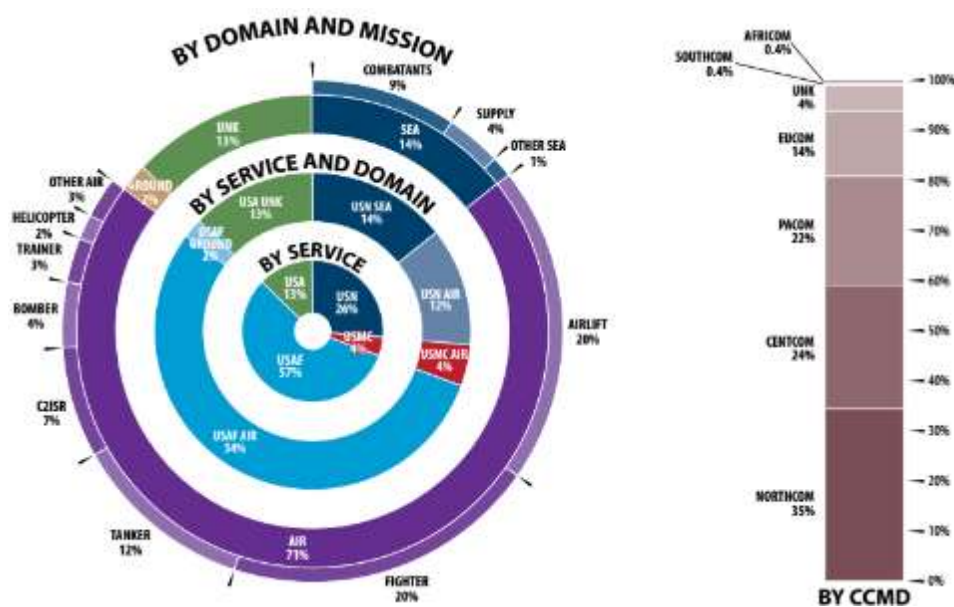


Figure 12: Usage de l'énergie opérationnelle (2014)  
Source : Operational Energy Strategy, 2016, p.4

## ANNEXE 2 – Principales filières de développement des carburants alternatifs

De nombreuses filières de production de carburants alternatifs « drop-in » peuvent être envisagées à partir de nombreuses matières premières fossiles (gaz naturel ou de synthèse, charbon) ou de biomasse (cultures dédiées, déchets organiques...) suivant trois grandes familles de procédés.

Les procédés dits « thermiques » (Fischer-Tropsch, liquéfaction) : ces procédés passent par une première étape de « déstructuration » de la matière première pour la transformer en un produit intermédiaire plus facilement manipulable et traitable (gaz de synthèse, bio-huile). Ce produit est ensuite amélioré par différents types de procédés pour aboutir au carburant fini. Le procédé Fischer-Tropsch permet d'obtenir des hydrocarbures de synthèse.

Les procédés dits « catalytiques » (hydrotraitement d'huiles végétales (HEFA), déshydratation / oligomérisation d'alcools (Alcohol to Jet, AtJ)) : ces méthodes utilisent des procédés catalytiques d'hydrogénation et de transformation de la matière première pour produire des biocarburants de première génération, comme les éthanol issus de plantes sucrières ou amylacées, et du biodiesel issu de la transestérification des huiles végétales (filière HEFA, acides gras et esters hydrotraités). Ces procédés sont matures. Dans cette catégorie, on trouve aussi des biocarburants issus d'un hydrotraitement poussé des huiles végétales ou animales (HVO, *Hydrotreated Vegetable Oil*). Aux Etats-Unis, l'éthanol est presque exclusivement produit à partir de maïs (95%), le reste provenant de canne à sucre<sup>CCXXXVII</sup> ; cette prédominance consomme 38% de la production nationale de maïs.

Les procédés dits « biologiques » : ils utilisent des micro-organismes comme les levures pour transformer une matière première directement en molécules hydrocarbonées.

	Voie thermique	Voie catalytique	Voie biologique
Biomasse	Biomasse ligno-cellulosique (bois, déchets organiques), microalgues	Cultures oléagineuses, microalgues, plantes sucrières	Plantes sucrières, biomasse lignocellulosique
Produit en fin de phase 1	Gaz de synthèse (mélange H <sub>2</sub> – CO), Bio-huile	Huile végétale, sucres	Sucres
Produit en fin de phase 2	SPK-FT : Synthetic Paraffinic Kerosene	HEFA (Hydroprocessed Esters and Fatty Acids) AJ (Alcohol to Jet)	SIP (Synthesized Iso-Paraffin)

Tableau 3 : Résumé des étapes des 3 grandes catégories de procédés de production de biocarburants

Dans les faits, la situation est beaucoup plus complexe que ce simple tableau. Il est en effet possible d'appliquer plusieurs procédés différents à la même matière première. Ainsi, un sucre peut être transformé directement par la voie biologique ou par la voie catalytique, ou même indirectement en tant que nutriment pour des micro-organismes lipidiques (levures, microalgues). Par hydrotraitement, en faisant varier les procédés ou enchaînements de procédés, on peut accéder à tout un panel de compositions chimiques, allant du produit purement paraffinique (intéressant du point de vue émissions polluantes, mais limité en termes de taux d'incorporation pour des raisons de compatibilité joints) au produit « mélangé » contenant des molécules de diverses familles chimiques et donc potentiellement certifiable à 100%.

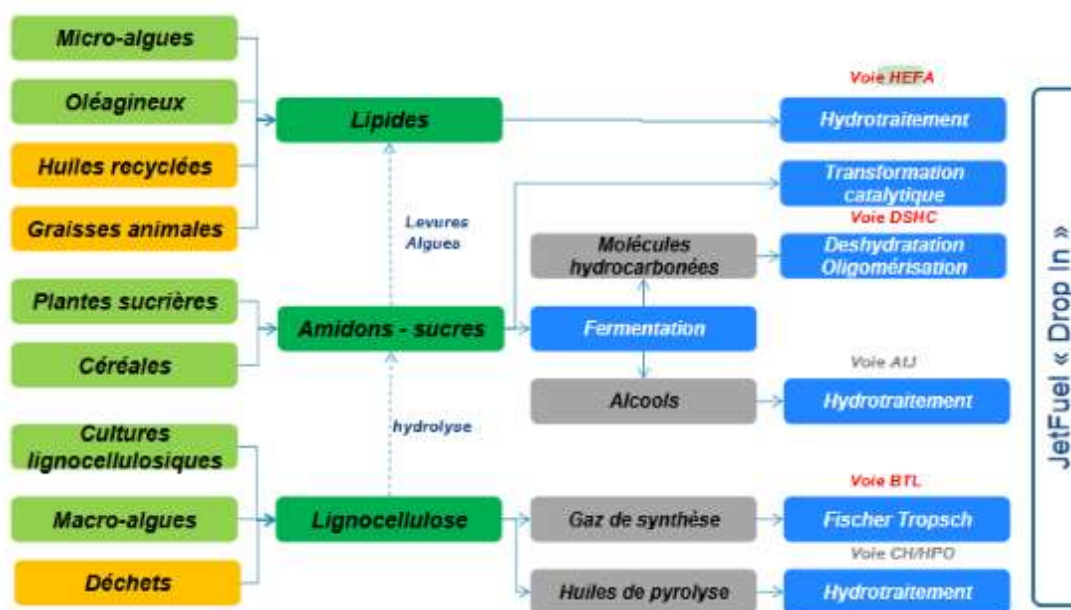


Figure 13 : Représentation schématique des différentes filières de production des biocarburants

De la même façon, les biocarburants de seconde génération, obtenus à partir de bois ou de déchets végétaux, résultent de deux procédés : un procédé par voie biochimique qui conduit à de l'éthanol, et un procédé par voie thermochimique qui conduit à des hydrocarbures comparables aux GTL et CtL et couramment appelés BtL (*Biomass to Liquids*). Aux Etats-Unis, sur les 13,3 milliards de gallons d'éthanol produits en 2013, seuls 6 % venait de cellulose, soit 810 000 gallons.

A côté de ces filières, figurent aussi le gaz naturel et l'hydrogène : ces carburants peuvent constituer des solutions intéressantes au niveau environnemental, mais ne sont pas matures.

Les voies impliquant des alcools non chimiquement transformés (éthanol, méthanol, butanol) et des esters (esters méthyliques d'huiles végétales) sont déjà mises en œuvre pour le transport routier, mais n'ont pas de sens pour l'aviation pour des raisons opérationnelles : contenu énergétique, stabilité thermique, compatibilité avec les matériaux utilisés dans les circuits carburant...

### La certification

Actuellement, trois filières *drop-in* sont certifiées et peuvent donc être d'ores et déjà utilisées en mélange pour des vols commerciaux :

- la filière « FT » (Fischer-Tropsch), à 50%, permettant la production de carburéacteurs synthétiques à partir de ressources telles que le charbon, le gaz ou la biomasse,
- la filière « HEFA » (*Hydrotreated Esters and Fatty Acids*), à 50 %, permettant la production de carburéacteur à partir de ressources oléagineuses (huiles végétales, huiles usagées, huiles algales),
- la filière « DSHC » ou « SIP » (*Direct Sugar to HydroCarbons / Synthetic*), à 10 %, permettant la production de carburéacteur par voie biologique à partir de sucres.

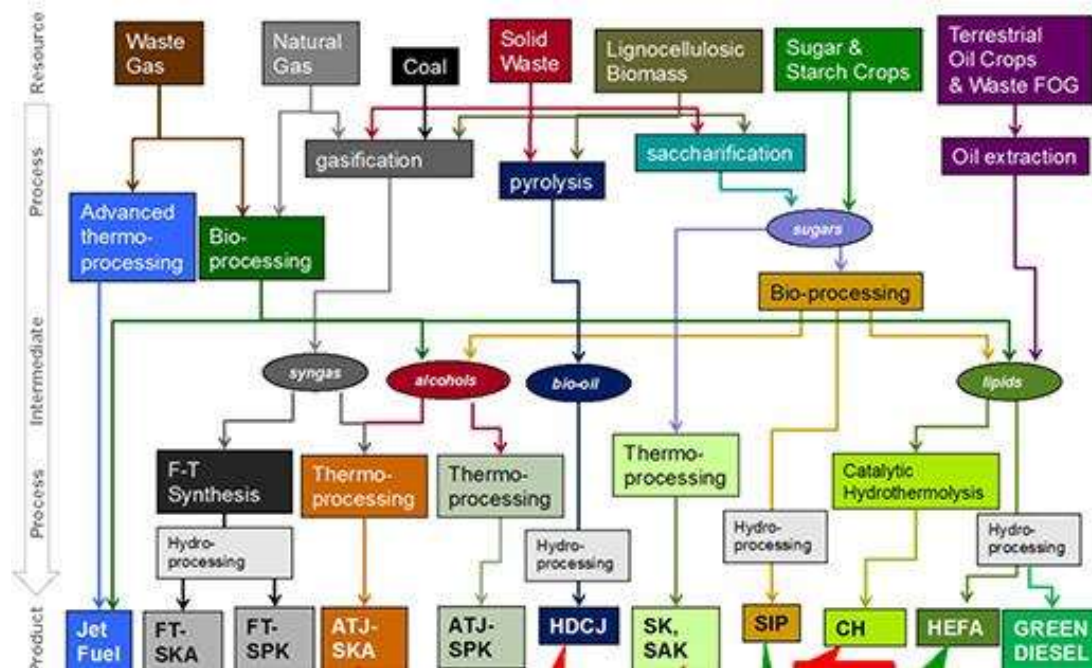


Figure 14: Les différentes filières envisageables et certifiées

La multiplicité de ces filières s'explique par le fait qu'aucune d'entre elles ne surpasse les autres en tous points, et que chacune possède des forces et des faiblesses. Le choix d'une filière ou d'une autre dépendra donc de la ressource disponible, de son accessibilité, du type de carburant fourni, des marchés annexes, etc. La (ou les) solution(s) choisie(s) sera(ont) donc inévitablement différente(s) d'un pays à l'autre, et les développements de ces filières se feront en parallèle.

### L'industrie de production

Il n'existe actuellement pas d'industrie de production de carburants alternatifs en tant que telle. Des unités de production de biocarburants ont été mises en place et permettent de produire du biodiesel, comme les unités d'hydrotraitement d'huiles végétales de NESTE en Finlande et aux Pays-Bas, ou les unités Total / Amyris au Brésil. Ces unités sont potentiellement capables de produire des biocarburants certifiés, mais ne le font pas principalement pour des raisons de demande. Le prix du baril de pétrole étant remonté, le coût des biocarburants reste supérieur à celui des filières fossiles. De nombreux travaux sont en cours, notamment au sein de l'OACI, afin de définir à la fois des processus de certification environnementaux communs de ces filières, mais aussi un cadre général à des mesures de marché incitatives. Enfin, la nature internationale du transport aérien fait que toute initiative liée au développement des carburants alternatifs doit être prise au niveau international pour éviter des distorsions de concurrence entre les compagnies aériennes.

Sources : Commission technique « propulsion », Nicolas Jeuland, Olivier Penanhoat, « Les Carburants alternatifs aéronautiques », 3AF, 31 janvier 2016 <<https://www.3af.fr/article/dossiers/les-carburants-alternatifs-aeronautiques>>  
Nicolas Jeuland, Olivier Penanhoat, Alain Coutrot, « Les biocarburants aéronautiques : Une solution d'avenir ? », Conférence Arts & Métiers, 19 octobre 2015 <[https://www.arts-et-metiers.asso.fr/manifestation\\_cr/cr\\_2891.pdf](https://www.arts-et-metiers.asso.fr/manifestation_cr/cr_2891.pdf)>

Environmental Protection Agency, *Regulation of Fuels and Fuel Additives: 2013 Cellulosic Biofuel Standard*, Federal Register, Rules and Regulations, vol. 79, n° 85, 2 mai 2014 <<https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2014-05-02/pdf/2014-10135.pdf>>

## ANNEXE 3 – Liste des carburants alternatifs certifiés par le DoD en 2015

Fin 2016, plusieurs types de biocarburants étaient déjà certifiés par l'armée de l'air et la marine.

Jet A et Jet A-1 sont utilisés par les avions de ligne.

JP-8 et JP-5 sont utilisés par les aéronefs.

F-76 est utilisé par les aéronefs de la Marine.

Specification owner:		ASTM	USAF	DON	DON
Specification number:		D7566/D1655	MIL-DTL-83133J	MIL-DTL-5624W	MIL-DTL-16884N
Fuel Pathway	Maximum Blend	Jet A and Jet A1	JP-8 (Jet)	JP-5 (Jet)	F-76 (Distillate)
FT-SPK	50%	Sep 2009	Apr 2008	Jul 2013	Apr 2014
HEFA-SPK	50%	Jul 2011	Oct 2011	Jul 2013	Apr 2014
SIP	10%	Jun 2014		Mar 2016	
FT-SKA	50%	Nov 2015			
ATJ-SPK	30%	Apr 2016			

ATJ = Alcohol to Jet (derived from butanol)

FT = Fischer-Tropsch

HEFA (aka HRJ or HRD) = Hydroprocessed Esters and Fatty Acids (aka Hydroprocessed Renewable Jet or Diesel)

SIP (aka DSH) = Synthetic Isoparaffin (aka Direct Sugar to Hydrocarbon)

SKA = Synthetic Kerosene with Aromatics

SPK = Synthetic Paraffinic Kerosene

Tableau 4 : Liste des carburants alternatifs certifiés fin 2016

Source : FY 2016 Operational Energy Annual Report, op. cit. p.31

Plus précisément, l'aviation utilise un mélange de ces biocarburants ; comme le tableau ci-dessous l'indique, il s'agit toujours d'un mélange allant de 10% de biocarburant à 50%. Techniquement, le 100% est possible mais il ne répondrait pas aux spécifications militaires en termes de lubricité, de point de froid ou d'odeur.

Alternative Aviation Fuel Pathway	Approved	Blending Limit	Feedstock
Fischer-Tropsch Synthetic Paraffinic Kerosene (FT-SPK)	2009	Up to 50 percent	Renewable biomass (such as agricultural wastes, forestry residues, and purpose grown energy crops) or municipal solid waste
Hydroprocessed Esters and Fatty Acids (HEFA-SPK)	2011	Up to 50 percent	Waste fats, oils, and grease, and/or oil-bearing biomass (such as algae, Camelina, Carinata, and Salicornia)
Hydroprocessed Fermented Sugars to Synthetic Iso-paraffins (HFS-SIP)	2014	Up to 10 percent	Conversion of sugars to Hydrocarbon
FT-SPK with aromatics (FT-SPK/A)	2015	Up to 50 percent	Renewable biomass (such as agricultural wastes, forestry residues, and purpose grown energy crops) or municipal solid waste
Alcohol-to-Jet Synthetic Paraffinic Kerosene (ATJ-SPK)	2016	Up to 30 percent	Agricultural wastes products (such as corn stover, grasses, forestry residue, and straw)

Tableau 5 : Procédés de fabrication des biocarburants approuvés par l'aviation

Source : Atlantic Council, Ready for TakeOff, 2019, p.



## ANNEXE 4 – Achats de biocarburants réalisés par les armées entre 2007 et 2012

### Achats de biocarburant entre 2007 et 2012 par armée

Service	Total Gallons Purchased	Total Cost	Average Cost Per Gallon
Army	49,950	\$1,632,120	\$ 37.14
Navy	676,500	\$20,618,450	\$ 30.15
Air Force	1,166,000	\$25,719,650	\$ 22.06
<b>Total</b>	<b>1,888,450</b>	<b>\$47,970,220</b>	<b>\$ 25.43</b>

Tableau 6 : achats de carburant alternatif par armée entre 2007 et novembre 2011

Source : Defense Logistics Agency (DLA), 9 novembre 2012, cité par Katherine Blakeley, *DOD Alternative Fuels: Policy, Initiatives and Legislative Activity*, CSR, 11 février 2013, p.4

Fuel Type	Gallons	Average cost per gallon	Total Spending
Hydrotreated Renewable Jet (HRJ)/Hydrotreated Renewable Diesel (HRD) both Hydroprocessed Esters and Fatty Acids (HEFA) fuels	1,085,450	\$38.26	\$41,534,620
Fischer-Tropsch (FT)	730,000	\$3.76	\$2,745,650
Alcohol-to-Jet (ATJ)	56,000	\$59.00	\$3,304,000
Direct Sugar to Hydrocarbon (DSH)	15,000	\$25.73	\$385,950
<b>Total</b>	<b>1,606,450</b>		<b>\$47,970,220</b>

Tableau 7: Achats de carburant alternatif par type de carburant entre 2007 et novembre 2012

Source : DLA, 9 novembre 2012, cité par Katherine Blakeley, *DOD Alternative Fuels: Policy, Initiatives and Legislative Activity*, CSR, 11 février 2013, p.5

Contrats d'achat de biocarburants passés par le DoD entre 2007 et 2012

Contract Number	Company	Product	Contract Award Data or Option Date	Gallons	Cost per Gallon	Total Cost	Feedstock	Service	Funding Source
07-D-0486	Shell	FT Iso Paraffinic Kerosene	6-Jun-07	315,000	\$3.41	\$1,074,150	Natural Gas	Air Force	Air Force RDT&E
08-D-0496	SASOL	FT Iso Paraffinic Kerosene	26-Jun-08	60,000	\$3.75	\$225,000	Coal	Air Force	Air Force RDT&E
08-D-0497	SASOL	FT Iso Paraffinic Kerosene	3-Jul-08	335,000	\$3.90	\$1,306,500	Coal	Air Force	Air Force RDT&E
09-D-0519	Sustainable Oils	HRJ5	31-Aug-09	40,000	\$66.60	\$2,664,000	Camelina	Navy	Navy & DLA ARRA RDT&E*
09-D-0518	Solazyme	HRJ5	1-Sep-09	1,500	\$149.00	\$223,500	Algal Oil	Navy	DLA ARRA RDT&E
09-D-0520	Sustainable Oils	HRJ8	15-Sep-09	100,000	\$66.80	\$6,680,000	Camelina	Air Force	Air Force RDT&E
09-D-0517	UOP	HRJ8	15-Sep-09	100,000	\$64.00	\$6,400,000	Tallow	Air Force	Air Force RDT&E
09-D-0523	PM Group Int'l	FT F76	30-Sep-09	20,000	\$7.00	\$140,000	Nat Gas	Navy	Navy RDT&E
10-D-0489	Sustainable Oils	HRJ8	26-Jul-10	34,950	\$38.60	\$1,349,070	Camelina	Army	DLA ARRA RDT&E
Option	Sustainable Oils	HRJ5	29-Jun-10	150,000	\$34.45	\$5,167,500	Camelina	Navy	Navy RDT&E; DLA ARRA RDT&E
Option	Sustainable Oils	HRJ8	31-Aug-10	100,000	\$34.90	\$3,490,000	Camelina	Air Force	Air Force RDT&E

Contract Number	Company	Product	Contract Award Data or Option Date	Gallons	Cost per Gallon	Total Cost	Feedstock	Service	Funding Source
Option	UOP	HRJ8	31-Aug-10	100,000	\$32.40	\$3,240,000	Tallow	Air Force	Air Force RDT&E
11-D-0526	Gevo	ATJ8	23-Sep-11	7,000	\$59.00	\$413,000	Alcohols	Air Force	Air Force RDT&E
Option	Gevo	ATJ8	28-Sep-11	4,000	\$59.00	\$236,000	Alcohols	Air Force	Air Force RDT&E
11-D-0530	UOP	HRJ8	30-Sep-11	4,500	\$33.00	\$148,500	Camelina	Army	Army RDT&E
12-D-0549	Dynamic	HRD76	30-Nov-11	350,000	\$26.75	\$9,362,500	UCO/Algal	Navy	Navy OM&N
12-D-0549	Dynamic	HRJ5	30-Nov-11	100,000	\$26.75	\$2,675,000	UCO/Algal	Navy	Navy OM&N
12-D-0559	UOP	HRJ8	2-May-12	4,500	\$29.90	\$134,550	UCO/ICO	Army	Army RDT&E
12-D-0560	Amyris	DSH76	27-Sep-12	15,000	\$25.73	\$385,950	Ferm. Sugar	Navy	Navy RDT&E
Option	Amyris	DSH76	TBD	25,000	\$25.73	\$643,250	Ferm. Sugar	Navy	Navy RDT&E
Option	Amyris	DSH76	TBD	25,000	\$25.73	\$643,250	Ferm. Sugar	Navy	Navy RDT&E
12-D-0561	Gevo	ATJ8	27-Sep-12	30,000	\$59.00	\$1,770,000	Alcohols	Air Force	Air Force RDT&E
Option	Gevo	ATJ8	27-Sep-12	15,000	\$59.00	\$885,000	Alcohols	Air Force	Air Force RDT&E
<b>TOTAL:</b>				<b>1,886,450</b>		<b>\$47,970,220</b>			

Tableau 8 : Contrats d'achat de biocarburants passés par le DoD entre 2007 et 2012

Source : DLA-E cité par Katherine Blakeley, *DOD Alternative Fuels: Policy, Initiatives and Legislative Activity*, Congressional Research Service, 11 février 2013, p.16-17  
[https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc462408/m1/1/high\\_res\\_d/R42859\\_2013Feb11.pdf](https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc462408/m1/1/high_res_d/R42859_2013Feb11.pdf)

## ANNEXE 5 - Liste des projets en énergie renouvelable de la Navy

En 2012, la Navy avait déjà mis en place de nombreux projets de production d'énergie renouvelable d'une puissance supérieure à 1MW.

Site	Type	Size (MW)
<b>1. COMPLETED PROJECTS</b>		
Joint Base Pearl Harbor-Hickam, HI	PV	2.3
NAVSTA Norfolk, VA	PV	2.2
NAS Jacksonville, FL	PV	1.3
NAS Corpus Christi, TX	PV	1.2
NAVBASE Coronado, CA	PV	2.7
NAVBASE Ventura Cty, CA	PV	1.4
NAWS China Lake, CA	PV	1.6
SPAWAR San Diego, CA	PV	1.2
MCB Camp Lejeune, NC	PV	2.6
MCRD San Diego, CA	PV	1.7
MCB Camp Pendleton, CA	PV	10
MCAGCC Twentynine Palms, CA	PV	4.6
NSA Souda Bay, Crete	PV	2.0
NAVSTA Guantanamo Bay	PV	1.0
MCLB Barstow, CA	Wind	1.0
NAWS China Lake, CA	Geothermal	170*
Naval Shipyard Norfolk, VA	WTE	40
MCLB Albany, GA	WTE	1.9
MCAS Miramar, CA	WTE	3.2**
Other projects ( $\leq 1$ MW):		15.6
Total MW producing:		271

Site	Type	Size (MW)
<b>2. AWARDED PROJECTS</b>		
AUTEC Bahamas	Wind	1
NAVBASE Coronado, CA	PV	1.3
NAVWPNSTA Seal Beach, CA	PV	1.9
NAWS China Lake	PV	13.8
MCB Camp Lejeune, NC	PV	8.2
MCB Camp Pendleton, CA	PV	8.1
MCLB Barstow, CA	PV	1.2
MCAS Yuma, AZ	PV	1.5
MCAGCC Twentynine Palms, CA	PV	1.2
Other projects ( $\leq 1$ MW):		10.2
Total MW awarded:		48

3. PLANNED PROJECTS		
NAVSTA Rota, Spain	PV	3.6
NAVSTA Rota, Spain (2nd)	PV	2
Hawaii Solar MAC	PV	28+
MCB Hawaii, Kaneohe Bay, HI	Biodiesel	30
JBPHH (Peaker)	Biodiesel	50
JBPHH - West Loch Luahalei EUL	PV	5
JBPHH - Waipio EUL	PV	5
Joint Base Pearl Harbor-Hickam, HI	PV	2.5
PMRF Barking Sands, Kauai, HI	WTE	1.4
NAVSTA Newport, RI	Wind	9
NAVSTA Guantánamo Bay	WTE, PV	10
NAVBASE Ventura Cty, CA	Wind	1.2
NAVBASE San Diego, CA	WTE	20
MCRD San Diego	PV	1.9
NAF El Centro, CA	PV	1
NAF El Centro, CA (exploration)	Geothermal	10-30
NAS Lemoore EJV	PV	60-200
NAWS China Lake (Section 16)	PV	70-100
NAS Fallon, NV (exploration)	Geothermal	10-50
NAS Corpus Christi, TX	PV	1.1
MCLB Albany GA (2nd)	WTE	1.9
MCB Hawaii, Kaneohe Bay, HI	PV	3.3
MCB Camp Lejeune	Bio or PV	25
MCFR New Orleans, LA	PV	2
MCB Camp Pendleton, CA	PV	20-40
MCAS Yuma (Goldwater Range) EUL	PV	100-250
CMAGR Chocolate Mtns, CA	Geothermal	10-30
MCAGCC Twentynine Palms, CA	PV	5-50
MCAS Miramar Landfill (add'l)	WTE	1.5-3
Total MW planned:		485-950
Factored for 24x7 projects' capacity:		820-1500
Factored total for awarded and planned projects:		850-1560MW

PV : photovoltaïque

Wind : éolien

Geothermal : géothermie

WTE : valorisation des déchets

Source : DoN, *Strategy for Renewable Energy*, octobre 2012, pp. A1-A2  
<https://www.secnav.navy.mil/eie/Documents/DoNStrategyforRenewableEnergy.pdf>,

## ANNEXE 6 – Les buts finaux de l'Armée de l'Air (2010)

### End State Goals

- Les stratégies de durabilité sont intégrées pour aider à limiter les émissions de gaz à effet de serre.
- Les bases aériennes remplissent le critère de sécurité énergétique tout en optimisant le mix de production sur base et hors base.
- Les avions volent au carburant alternatif s'il est concurrentiel, produit nationalement, et émet moins de gaz à effet de serre que le pétrole sur l'ensemble de son cycle de vie.
- Les bases avancées sont capables d'opérer grâce aux énergies renouvelables.
- L'optimisation de l'utilisation de l'énergie est un avantage tactique dans toutes les disciplines.
- La R&D, les essais et les évaluations ont permis de mettre au point des technologies d'énergie efficaces qui sont nécessaires pour réduire substantiellement la demande et accroître l'offre.
- Les acquisitions de matériels font de l'énergie une question prioritaire.
- Nous devons considérer la question de l'énergie dans tout ce que nous faisons.



Source : Air Force Energy Plan 2010, p.6

<[http://corrdefense.nace.org/corrdefense\\_fall\\_2011/images/AFEnergyPlan.pdf](http://corrdefense.nace.org/corrdefense_fall_2011/images/AFEnergyPlan.pdf)>

## ANNEXE 7 – Bilan des projets d'énergies renouvelables de l'Armée de l'Air

Le site du centre de génie civil de l'armée de l'air (US Air Force Civil Engineer Center) en charge de l'énergie propose cette carte dressant un état des lieux des projets conduits par cette armée.

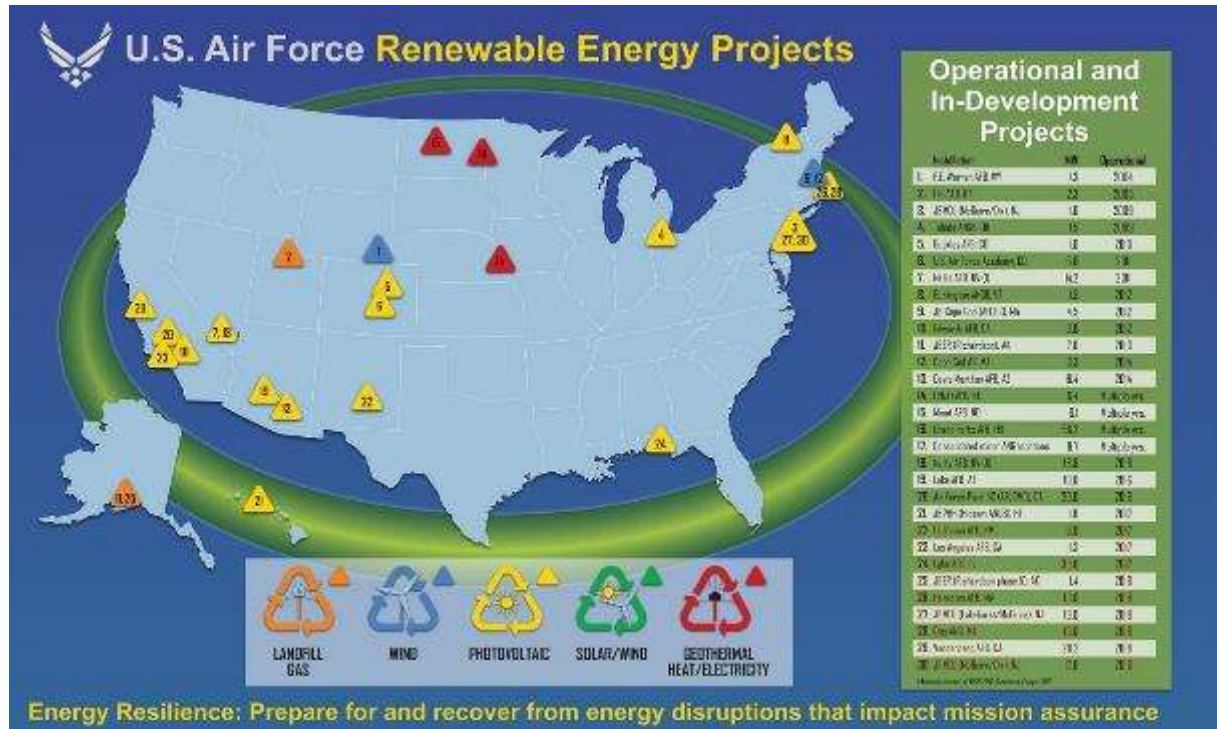


Figure 15 : Sites de production d'énergie renouvelable de l'armée de l'air  
 Source : US Air Force Civil Engineer Center <<https://www.afcec.af.mil/Home/Energy/Renewable-Energy/>>

## ANNEXE 8 – Coût d'achat de l'électricité aux Etats-Unis

L'armée de l'air a conduit une étude en 2014 pour estimer le coût de l'électricité dans les Etats hébergeant des bases aériennes afin d'évaluer l'intérêt financier de se lancer dans un projet d'énergie renouvelable. Il en ressort que dans certains Etats, le coût est si faible qu'il n'est pas rentable d'installer une unité de production d'énergie renouvelable.

Region	Low \$/kWh	High \$/kWh	Average \$/kWh	Average Annual Base Usage MWh
Northeast	0.0475	0.1456	0.0970	77,785
Southeast	0.0501	0.0889	0.0706	124,087
Midwest	0.0348	0.0980	0.0516	102,975
Texas	0.0578	0.0772	0.0728	174,752
West	0.0423	0.0837	0.0656	96,742
California	0.0659	0.1247	0.0750	72,559
CONUS	0.0348	0.1456	0.0678	109,075

\*Excludes Air National Guard & Alaska installations



Figure 16 : Coût moyen de l'électricité dans les régions des Etats-Unis

Source : US Air Force Infrastructure Energy Strategic Plan, 2008

<<https://www.afcec.af.mil/Home/Energy/Renewable-Energy/>>

L'armée de terre a réalisé une étude complémentaire évaluant le coût de l'énergie renouvelable au kW, ce qui permet de valider ou non l'intérêt financier du projet de création d'une unité de production énergétique.

Renewable Energy Installed Cost	\$/kW
Solar =	\$9,000
Wind =	\$3,300
Waste to Energy =	\$2,000
Geo Thermal =	\$2,200
<b>Composite =</b>	<b>\$4,125</b>

Figure 17 : Coût approximatif d'électricité d'origine renouvelable

Source : Dean Zeal McGrew, Paul F. Skalny, *Advanced Vehicle and Power Initiative*, 29 juillet 2010, p.23



## ANNEXE 9 - Evaluation du potentiel du territoire américain en matière d'énergie solaire, éolienne, géothermique et en biomasse



Figure 18 : Potentiel solaire des Etats-Unis

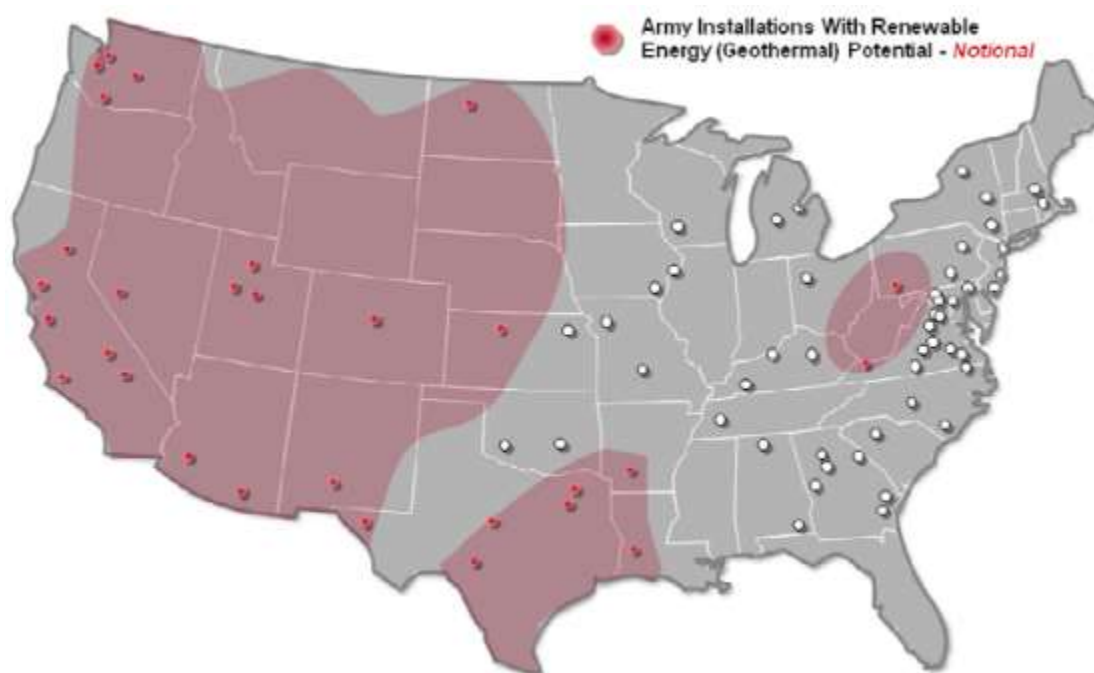


Figure 19 : Potentiel géothermique des Etats-Unis

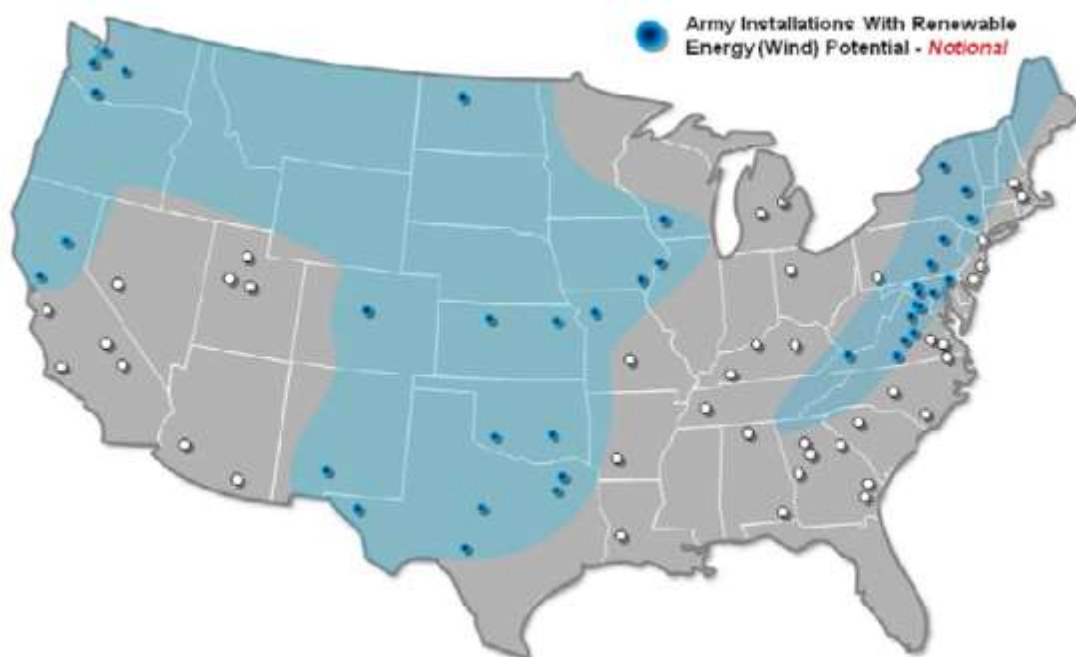


Figure 20 : Potentiel éolien des Etats-Unis



Figure 21 : Potentiel de valorisation de la biomasse des Etats-Unis

Source : The Army Senior Energy Council, Office of the Deputy Assistant Secretary of the Army for Energy and Partnerships, *Army Energy Security Implementation Strategy*, 13 janvier 2009, pp. 18-19 <<https://www.hsdl.org/?view&did=9339>>

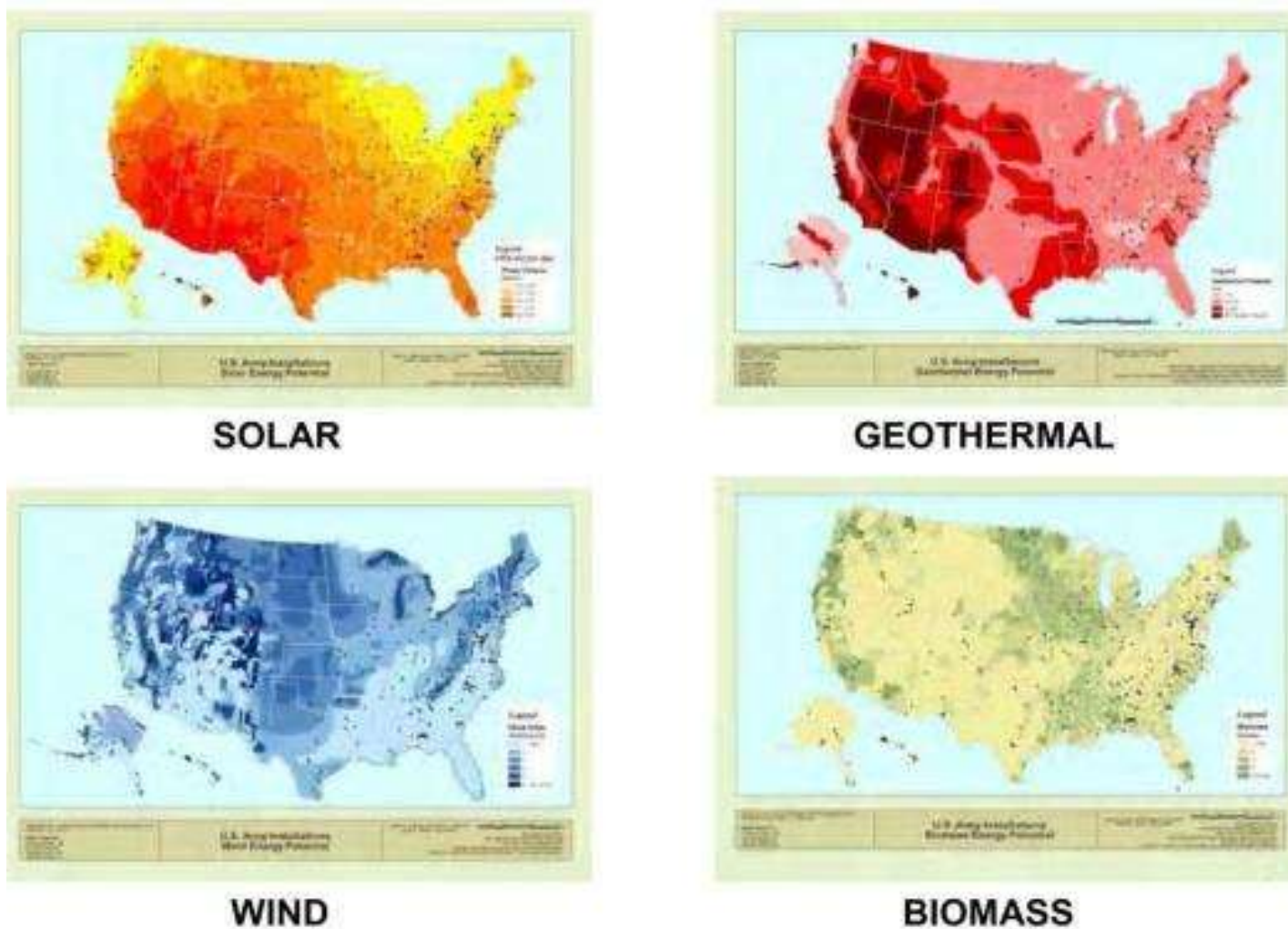


Figure 22 : Potentiel de production d'énergie renouvelable selon la localisation géographique et la source d'énergie

Source : Dean Zeal McGrew; Paul F. Skalny, *Advanced Vehicle and Power Initiative*, 29 juillet 2010, p.21 <<https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a531459.pdf>>

## ANNEXE 10 – Sites pilotes de *Net Zero Installations*

L'armée de terre a conduit des expérimentations pour parvenir à des installations autonomes en énergie sur dix-sept régiments pilotes (voir carte ci-dessous) et des sites de la garde nationale. Ces sites avaient été identifiés en avril 2011. Sur ces dix-sept sites, neuf<sup>ccxxxviii</sup> ont choisi d'agir plus particulièrement sur la ressource énergétique (en jaune).



Figure 23 : Carte des sites pilotes de l'armée de terre pour Net Zero Installation

Source : 2015 Progress Report - Army Net Zero Initiative, octobre 2016, p.5

<<https://www.army.mil/e2/c/downloads/455375.pdf>>

## ANNEXE 11 – Exemple des méthodes de compatibilité entre éolienne et installations aériennes

La pose d'éolienne soulève des problèmes de compatibilité avec les zones aériennes ou certaines installations aériennes. Le DoD a donc recherché les possibilités existantes pour surmonter ces difficultés. Un rapport d'avancement de l'armée de terre paru en 2015 met en avant des cas de réussite dans d'autres armées, comme l'installation d'une éolienne sur la base commune de Cape Cod. L'image de gauche est un exemple d'étude cartographique pour montrer comment s'assurer qu'une installation éolienne ne crée pas d'interférences.



Figure 19. Wind project interference map.  
Image from DOD Preliminary Screening Tool



Figure 20. Wind project on Joint Base Cape Cod. Photo from U.S. Air Force

Source : Army Net Zero, *Lessons Learned in Net Zero Energy*, juin 2015 p.27  
<<https://www.nrel.gov/docs/fy15osti/62946.pdf>>

## ANNEXE 12 – Résultats de l'armée de terre sur ses sites pilotes

En 2015, l'armée de terre a réalisé un bilan des sites pilotes de son programme Net Zero Energy. D'après ce bilan, seul Fort Hunter Liggett était près de l'autonomie énergétique en 2015. Trois autres sites sont loin du compte, et l'Armée de terre estime qu'ils ne parviendront pas à atteindre l'objectif d'autonomie faute de ressources suffisamment disponibles et/ou du fait du coût de l'énergie offerte trop faible.

Installation	Net Zero Energy Progress
<b>Fort Hunter Liggett</b>	Projected to meet Net Zero
<b>Fort Bliss</b>	Significant progress
<b>Fort Carson</b>	Significant progress
<b>Fort Detrick</b>	Significant progress
<b>Parks Reserve</b>	Significant progress
<b>Sierra Army Depot</b>	Significant progress
<b>Kwajalein Atoll</b>	Minimal progress
<b>Oregon National Guard</b>	Minimal progress
<b>West Point</b>	Minimal progress

Tableau 9 : Evaluation du niveau d'avancement des principaux sites en matière d'autonomie énergétique  
 Source : Pacific Northwest National Laboratory for OASA, 2015 Progress Report Army Net Zero Initiative, octobre 2016, p.18 <<https://www.army.mil/e2/c/downloads/455375.pdf>>

L'évaluation porte sur la baisse de consommation d'énergie et sur la production d'énergie renouvelable. « Significant progress » signifie que le régiment a dépassé les objectifs énergétiques fédéraux ou qu'il s'en est beaucoup rapproché, sans avoir atteint l'autonomie.

A noter qu'il n'y a pas de corrélation forte entre les besoins en énergie d'un régiment et sa capacité à atteindre l'autonomie énergétique. Pour preuve, le tableau 10 ci-dessous montre que Fort Bliss et Fort Carson ont les plus gros besoins en énergie, pourtant ils parviennent à se rapprocher significativement de l'objectif d'autonomie énergétique. A l'inverse, Oregon National Guard a des besoins modestes mais reste loin de l'objectif.

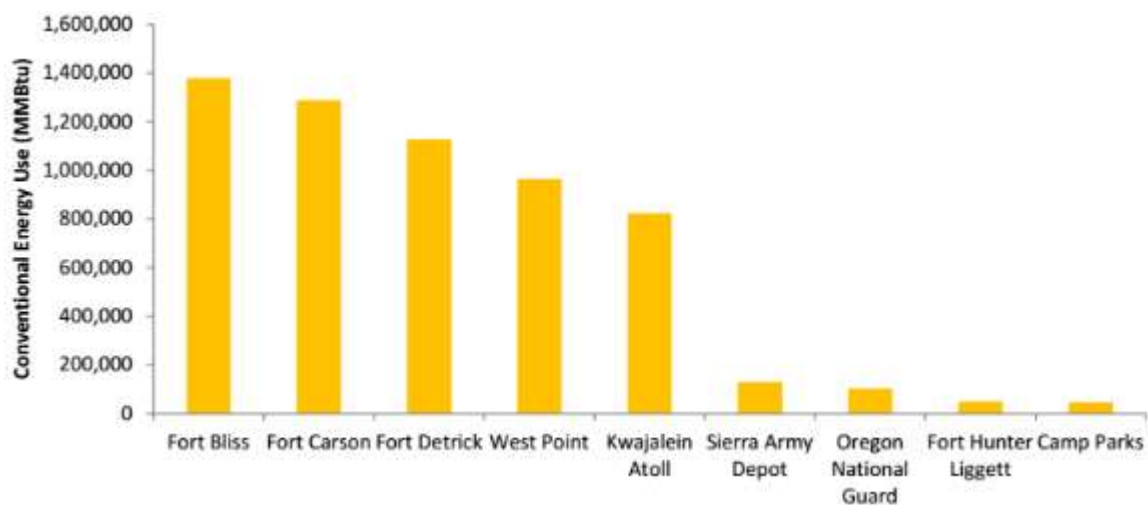


Tableau 10 : Consommation d'énergie renouvelable des principaux sites (en millions de Btu)  
 Source : Pacific Northwest National Laboratory for OASA, 2015 Progress Report Army Net Zero Initiative, octobre 2016, p.B-1 <<https://www.army.mil/e2/c/downloads/455375.pdf>>

## ANNEXE 13 – Quelques résultats du DoD en matière de production d'énergie renouvelable

Emprise	Armée	Lieu	Source d'énergie	Taille (MW)	Année de démarrage
<b>China Lake</b>	Mer	China Lake (CA)	Géothermie	13,78 MW	1987
<b>Davis-Montham</b>	Air	Tucson (AZ)	Solaire	16,4 MW	2014
<b>Fort Detrick</b>	Terre	Frederick (MD)	Solaire	14,6	2015
<b>Fort Drum</b>	Terre	Philippines	Biomasse	28	2014
<b>Fort Hood</b>	Terre	Fort Hood (TX)	Solaire/Eolien	65 (15+50)	2016-2017
<b>Fort Huachuca</b>	Terre	Fort Huachuca (AZ)	Solaire	17,4 MW	2015
<b>Fort Stewart</b>	Terre	Fort Stewart (GA)	Solaire	30 MW	2016
<b>Redstone Arsenal</b>	Terre	Huntsville (AL)	Solaire	10 (+1MW batterie)	2011
<b>Robins</b>	Air	Robins (GA)	Solaire	139 MW	2019 (prévu)
<b>San Clemente</b>	Mer	San Clemente Island (CA)	Eolien	0,675	1999
<b>Schofield Barracks</b>	Terre	Oahu (HI)	Biodiesel	50 MW	2018
<b>Vanderberg</b>	Air	Vanderberg (CA)	Solaire	28	2017

Sources : DLA, *Fact Sheet 2017, 2018*, p.66 ; ACCORE, « The Role of Renewable Energy in National Security », *Issue Brief*, octobre 2018, p.9 <[https://acore.org/wp-content/uploads/2018/10/ACORE\\_Issue-Brief\\_-The-Role-of-Renewable-Energy-in-National-Security.pdf](https://acore.org/wp-content/uploads/2018/10/ACORE_Issue-Brief_-The-Role-of-Renewable-Energy-in-National-Security.pdf)>

## ANNEXE 14 - Entreprises ayant fourni le DoD en biocarburants

Il est courant de voir des entreprises des biocarburants quitter le secteur. Un certain nombre de sociétés qui ont accompagné le DoD à ses débuts ont donc disparu depuis. Une description d'entreprises ayant fourni le DoD est donnée ci-dessous.

**Aemetis** a breveté en 2011 un procédé de fabrication de biocarburant de type CTS. Elle détient en Californie une usine capable de produire 55 millions de gallons de biocarburant, et construit actuellement une usine de production de 50 millions de gallons sur la côte est de l'Inde.

**Applied Research Associates (ARA)** a breveté un procédé, l'hydrothermolyse catalytique (*Catalytic Hydrothermolysis*, CH), qui permet de transformer l'huile de moutarde carinata en brut contenant les mêmes types hydrocarbonés que le pétrole. ARA s'est associé avec **Chevron Lummus Global** (CLG) et les deux entreprises ont fait la démonstration de l'efficacité du procédé Biofuels ISOCONVERSION, qui combine le procédé CH d'ARA et la technologie d'hydrotraitement de CLG. Plus de 150 000 gallons de biocarburant de type kérosène et diesel de qualité militaire (JP-8, JP-5, F-76) ont été produits et testé par l'U.S. Navy. La technique permet aussi de produire du kérosène pour l'aviation civile (Jet A). En 2017, ARA a obtenu, comme membre d'un consortium emmené par l'université de Floride et dix autres 10 acteurs, un contrat de 15 millions de dollars sur 5 ans du DoA pour mettre en place une chaîne d'approvisionnement de biokérosène à base d'huile de moutarde carinata.

**Chevron Lummus Global** et **ARA** ont accepté qu'**Aemetis** Advanced Fuels, une filiale à 100% d'Aemetis, utilise le procédé Biofuels ISOCONVERSION dans les raffineries d'Aemetis en Amérique du Nord.

**Diamond Green Diesel**, détenu par Valero Energy Corp. Et Darling Ingredients Inc., possède l'usine la plus grosse de biocarburants avancés des Etats-Unis. L'entreprise utilise une technologie d'Honeywell appelée UOP/Eni Ecofining™ pour produire du diesel à partir d'huiles de friture et de matières premières. Son usine, en Louisiane (à Norco), a accru en 2017 sa capacité annuelle de production de biodiesel de 10 000 barils par jour à 18 000 barils (275 millions de gallons par an). Fin 2018, l'entreprise annonçait augmenter encore la capacité à 675 millions de gallons grâce à une deuxième usine.

Tyson Foods et Syntroleum ont créé la co-entreprise **Dynamic Fuels** en 2007. Son usine à Geismar, en Louisiane, achevée en 2010, est la première bioraffinerie de biodiesel à grande échelle des Etats-Unis (75 millions de gallons annuels). En 2014, **Renewable Energy Group (REG)** rachète les parts de Tyson. REG dispose aux Etats-Unis de bioraffineries d'une capacité totale de 257 millions de gallons annuels, ce qui fait de lui le leader américain de la production de biodiesel.

**Emerald Biofuels** utilise la même technologie UOP/Eni Ecofining™ pour raffiner les huiles et les graisses et en faire du diesel, vendu sous le nom de Honeywell Green Diesel™. En 2014, Emerald avait reçu du CCC 70 millions de dollars pour produire 85 millions de gallons de diesel renouvelable par an. D'après son site, l'usine Emerald One devrait voir le jour en 2019 à Plaquemine et produire 110 millions de gallons de biodiesel par an.



**Fulcrum BioEnergy** est une entreprise californienne qui a fait la démonstration en 2014 de son procédé de transformation des déchets municipaux en carburant pour un coût qu'elle estime à moins de 1,00 dollar le gallon. En décembre 2018, elle annonçait la construction en 2020 d'une bioraffinerie à Gary, dans l'Indiana, pour un coût de 600 millions de dollars. L'usine devrait avoir la capacité de traiter 700 000 tonnes de déchets par an en 33 millions de gallons de biokérosène Jet A à partir de 2022.

**Gevo** est une entreprise utilisant l'AtJ grâce au procédé *isobutanol-to-jet*. En 2011, Gevo a reçu un contrat de la *Defense Logistics Agency* (DLA) pour fournir l'Air Force en kérosène. L'entreprise possède deux bioraffineries : l'une est située à Silsbee, au Texas, et approvisionne la compagnie aérienne Virgin Australia Group, tandis que l'autre est à Luverne, dans le Minnesota, et produit 750 000 à 1 millions de gallons de biocarburant par an.

**Red Rock Biofuels** est une entreprise du Colorado créée en 2011. Elle devait lancer sa bioraffinerie en 2016 à Lakeview, dans l'Oregon, et produire jusqu'à 12 millions de gallons de biokérosène à partir de chutes d'arbres et autres produits forestiers récupérés dans un rayon de 80 km autour de l'usine. 3 millions de gallons devaient être vendus chaque année à FedEx et autant à Southwest Airlines entre 2017 et 2024. En 2014, Red Rock reçoit 70 millions de dollars pour construire sa bioraffinerie mais quatre ans plus tard, l'entreprise peinait toujours à trouver un complément financier pour lancer son usine.

**Sustainable Oils** est une entreprise de Seattle spécialisée dans la production de biocarburants à base de graines de cameline. Ses recherches ont commencé en 2005 et elle obtient son premier contrat avec le DoD trois ans plus tard, pour fournir 40 000 gallons de son biocarburant destinés à des essais de qualification sur avions et hélicoptères. En 2010, un essai est réalisé avec succès sur un F/A-18 Super Hornet, et l'année d'après sur un F-22 Raptor en utilisant un mélange de 50 % cameline et 50 % carburant conventionnel. Au total, l'entreprise a fourni au DoD près de 500 000 gallons d'huile de cameline pour les essais. En mars 2013, l'entreprise se fait racheter par Global Clean Energy Holdings, une entreprise californienne de biocarburant de deuxième génération.

**Terrabon** a reçu en juillet 2011 une subvention de 9,6 milliards de dollars de la DARPA pour concevoir un procédé de production plus économique d'AtJ, mais l'entreprise a fait faillite en 2012.

Sources : <https://advancedbiofuelsusa.info/> ; <http://www.biofuelsdigest.com/> ; <https://www.technologyreview.com/> ; <https://www.wastedive.com/news/fulcrum-bioenergy-waste-to-fuel-gary-indiana/544401/> ; <https://www.prnewswire.com/news-releases/diamond-green-diesel-approved-for-phase-iii-large-scale-expansion-with-addition-of-renewable-naphtha-production-300744117.html> et les sites des entreprises.

## ANNEXE 15 – Acteurs fédéraux actifs dans l'essor des biocarburants

Plusieurs administrations fédérales sont concernées par l'énergie. Parmi elles, trois départements ont particulièrement soutenu l'armée américaine : le département à l'Énergie, celui à l'Agriculture et celui au Transport.

Outre ces administrations, on compte aussi le soutien de centres de recherche nationaux, en particulier le National Research Energy Laboratory (NREL).

### Département à l'énergie (DoE)

**L'Advanced Research Projects Agency–Energy (ARPA-E)** est un bureau du DoE créé en 2007 pour financer la recherche à long terme et à risque élevé portant des technologies de production, de stockage et d'utilisation de l'énergie. En 2012, une directive présidentielle annonce que l'ARPA-E mettra 30 millions de dollars dans un concours portant sur l'amélioration du stockage de l'énergie pour applications duales (programme *Advanced Management and Protection of Energy-storage Devices*, AMPED). Puis début 2017, l'administration Trump a proposé de fermer ce bureau au motif que « le secteur privé est mieux positionné pour financer de la R&D disruptive en matière d'énergie et de commercialiser des technologies innovantes »<sup>ccxxxix</sup>. Cette demande n'a pas été suivie et le budget de l'ARPA-E a connu en 2018 une augmentation de 3,6% par rapport à l'année précédente pour atteindre 366 millions de dollars<sup>ccxli</sup>.

Le DoE gère également de nombreux programmes, dont les principaux sont présentés ci-dessous.

**Le programme du transport durable** (*Sustainable Transportation Program*) a pour but de développer les véhicules électriques en divisant par deux le coût des batteries (de 264\$ le kWh en 2015 à 125\$ le kWh en 2022) et celui des systèmes de transmission électriques d'ici 2022.

**Le programme d'énergie renouvelable** porte sur la production d'électricité d'origine solaire, éolienne, hydraulique et géothermique. Dans le cadre de ce programme, l'initiative SunShot est destinée à diminuer le prix de l'électricité photovoltaïque pour atteindre 3 cents le kWh d'ici 2030. L'énergie éolienne terrestre doit baisser jusqu'à 5,2 cents le kWh d'ici 2020, et 14,9 cents le kWh pour les éoliennes en mer. Le programme géothermique, de son côté, cherche à abaisser le risque d'exploration de la ressource et réduire le coût de production à 6 cents le kWh d'ici 2030 pour les technologies récentes.

Le DoE a également financé à partir de 2011 des études en matière atmosphérique pour prédire la puissance d'énergie solaire et éolienne (*Wind and Solar Power Forecast Improvement Project*)<sup>ccxli</sup>. Plusieurs dizaines de millions de dollars ont été investis dans le cadre de ce programme pour faciliter la connexion au réseau électrique grâce à des technologies plug-and-play. En matière de prévision solaire, huit millions de dollars ont été alloués à deux équipes emmenées l'une par le centre de recherche d'IBM et l'autre par l'UCAR (*University Corporation for Atmospheric Research*). Les deux consortiums comptaient dans leurs membres des entreprises, des universités et des laboratoires nationaux.

Le DOE, à travers l'**Office of Energy Efficiency and Renewable Energy (OEERE)**, gère le *Bioenergy Technologies Program*, précédemment appelé *Biomass and Biorefinery Systems R&D Program*. Ce programme fait intervenir des agences gouvernementales, des industriels, des

universitaires, des agriculteurs et des associations. Son objectif est de soutenir la R&D et le déploiement de biocarburants à haute performance commercialement viables, des bioproduits et des bioénergies issus de la biomasse.

L'OEERE gère aussi le programme des technologies de piles à hydrogène et à combustible (*Hydrogen and Fuel Cell Technologies Program*). Ce programme fait intervenir des agences gouvernementales, des industriels, des universitaires, des laboratoires nationaux et d'autres acteurs pour développer l'usage des piles à combustible et à hydrogène en stationnaire et en mobilité, et pour abaisser leur coût.

#### Département à l'Agriculture (DoA)

Le DoA gère le **programme de bioénergie pour les biocarburants avancés**, c'est-à-dire issus de produits non-alimentaires et dont les émissions de gaz à effet de serre sont deux fois moindres que les combustibles pétroliers. Le but de ce programme est de soutenir l'essor de la production de biocarburants avancés en subventionnant ou en se fournissant auprès de producteurs éligibles. Ce programme a permis au DoN de financer les bioraffineries.

Les producteurs sont payés trimestriellement en fonction de la quantité de biocarburants avancés produits au cours du trimestre en question. Au maximum 5 % des versements réalisés au cours d'une année iront aux producteurs dont la capacité totale de raffinage dépasse les 150 millions de gallons par an. En 2018, le règlement a été modifié pour que chaque produit éligible ne reçoive pas plus de 33 % des versements réalisés sur une année.

La **Biomass Research and Development Initiative (BRDI)** offre des subventions aux universités, aux centres de recherche publics, aux acteurs privés et aux organismes à but non-lucratif pour les aider à réaliser de la R&D et des démonstrations de technologies facilitant la commercialisation des biocarburants. Ce programme n'est plus financé depuis 2018.

Le **programme d'aide aux bioraffineries et à la fabrication de produits chimiques biorenouvelables et de produits d'origine biologique** (ex-programme d'aide aux bioraffineries) a pour but d'aider le développement de technologies nouvelles afin de contribuer à l'indépendance énergétique des Etats-Unis, à la préservation des ressources, à la diversification des marchés pour les produits agricoles et forestiers et à l'essor de l'économie rurale. Le programme apporte une garantie de prêts (250 millions de dollars max.) pour financer le développement, la construction et la rénovation de raffineries à grande échelle. Il s'adresse aux individus, aux personnes morales, aux tribus indiennes, aux Etats, aux régions, aux corporations, aux coopératives, aux agriculteurs individuels ou en association, aux laboratoires nationaux et aux universités.

#### Département du Transport

Ce département gère un mécanisme, le **Renewable Fuel Standard (RFS)**, dont l'objectif est de permettre de produire 36 milliards de gallons en 2022, dont 21 milliards doivent provenir de biocarburants avancés. Cette norme, établie en 2005 par l'Energy Policy Act, exige que le carburant de transport américain contienne un volume minimal de biocarburant fixé à 4 milliards de gallons en 2006 et devant atteindre 7,5 milliards en 2012, puis 36 milliards en 2022 ; un objectif trop audacieux puisque le niveau fixé n'est pas atteint depuis 2014. L'Agence de protection de l'environnement, qui fixe le seuil, en a pris acte et a revu à la baisse les objectifs

en 2019. Le niveau fixé pour cette année-là est de 19,92 milliards de gallons, soit 1% de plus que l'année précédente.

#### Mesures fédérales

Il existe au niveau fédéral des mesures incitatives pour encourager le passage aux biocarburants : fabrication de moteur électrique, amélioration de la performance énergétique des moteurs, mesures pour encourager l'achat de véhicules électriques, subventions aux carburants alternatifs et crédits d'impôt, RFS...

#### National Research Energy Laboratory

Le **National Research Energy Laboratory (NREL)** est né en 1974 sous le nom d'Institut de recherche sur l'énergie solaire (*Solar Energy Research Institute*). Il n'a pris son nom actuel qu'en 1991. Sa mission est de développer l'énergie renouvelable, les technologies et les pratiques d'efficacité énergétique, faire avancer la science et l'ingénierie dans ce domaine, et de diffuser les innovations et les connaissances pour aider le pays à atteindre ses objectifs énergétiques et environnementaux.

## Bibliographie et notes

*Energy and Water Development: FY2018 Appropriations*, Congressional Research Service, R44895, 11 mai 2018 <<https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R44895>>

*The Renewable Fuel Standard : an Overview*, Congressional Research Service, R43325, 23 janvier 2019 <<https://fas.org/sgp/crs/misc/R43325.pdf>>

*Alternative Fuel and Advanced Vehicle Technology Incentives: A Summary of Federal Programs*, Congressional Research Service, R42566, 26 février 2019 <<https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R42566>>

DOE, *FY2018 Budget Justification*, vol. 3, p. 17, <[https://energy.gov/sites/prod/files/2017/05/f34/FY2018BudgetVolume3\\_0.pdf](https://energy.gov/sites/prod/files/2017/05/f34/FY2018BudgetVolume3_0.pdf)>

Gail Vaucher, *Atmospheric Renewable-Energy Research, Volume 1 (Background: "To BE or not to BE")*, US Army Research Laboratory, septembre 2015 <<https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a622364.pdf>>

---

<sup>1</sup> Un point de vue défendu par Deloitte dans son rapport rédigé par le général Charles F Wald (USAF ret.) et Tom Captain (vice-président de Deloitte), *Energy security – America's best defense; a study of increasing dependence on fossil fuels in wartime, and its contribution to ever higher casualty rates*, novembre 2009. James Mattis, actuel secrétaire à la défense, souhaite depuis longtemps réduire la dépendance des armées envers le pétrole. Il a pris conscience de la vulnérabilité des convois de carburant lorsqu'il commandait le Marine Corps Combat Development en Afghanistan et en Iraq au début des années 2000. Dès 2003, il demandait aux chercheurs de la Marine de libérer l'armée de sa longue pétrolière ("tether of fuel").

<sup>2</sup> Voir le rapport du Defense Science Board, *More Capable Warfighting Through Reduced Fuel Burden*, mai 2001 ; A.E. SABIN et alii, *Geothermal Energy Resource Assessment on Military Lands*, octobre 2003 <<https://pdfs.semanticscholar.org/c846/1d39b5242ac00c9d3caedb1c5cce0f83db05.pdf>>.

<sup>3</sup> DoD Renewable Energy Assessment Final Report, 2005. Le rapport se limite à la production d'énergie éolienne, solaire et géothermique, et exclut le potentiel de la biomasse et du recyclage des déchets par manque de données. Il s'agit du rapport final car des études préliminaires ont été menées, dont font partie le DOD Geothermal Assessment (2003) et le DoD Renewable Energy (2004).

<sup>4</sup> C'est cette loi qui va définir au niveau fédéral dans la section 203(b) ce que sont les énergies renouvelables.

<sup>5</sup> John CONGER, « The Military Value of the Defense Department's Energy Efforts », *Defense One*, 13 mars 2017 <<http://www.defenseone.com/ideas/2017/03/military-value-defense-departments-energy-efforts/136125/>>.

<sup>6</sup> Loi 10 U.S.C. 2924 et Quadriennal Defense Review 2010.

<sup>7</sup> En témoignent le contenu de l'accord-cadre conclu en 2010 entre le DoD et le DOE, dont un extrait est accessible sur <[https://www.eesi.org/files/dod\\_eere\\_factsheet\\_072711.pdf](https://www.eesi.org/files/dod_eere_factsheet_072711.pdf)> ; la *National Defense Strategy* de 2018 ; Office of the Assistant Secretary of Defense, *Operational Energy Plans and Programs. Alternative Fuels Policy for Operational Platforms*, 5 juillet 2012 <[http://energy.defense.gov/2012-7-5\\_DoD\\_Alternative\\_Fuels\\_Policy\\_for\\_Operational\\_Platforms.pdf](http://energy.defense.gov/2012-7-5_DoD_Alternative_Fuels_Policy_for_Operational_Platforms.pdf)> ; le discours de Tom Hicks, vice-secrétaire adjoint à la Navy, dans un discours à l'Advanced Biofuels Leadership Conference tenue avril 2012 à Washington DC, le discours du vice-amiral Philip Cullom, responsable de la division Naval Operations Energy and Environmental Readiness ou encore les propos de l'ex-commandant suprême de l'OTAN Wesley K. Clark à la même conférence ; l'interview du secrétaire à la Navy Ray Mabus le 26 janvier 2012 sur C-SPAN <<https://www.c-span.org/video/?303887-1/qa-ray-mabus>>.

<sup>8</sup> Voir <<http://nssarchive.us/national-defense-strategy-2018/>>

<sup>9</sup> Cheryl Pellerin, « Capability, Risk Drive Shift in DoD Operational Energy Strategy », US Department of Defense, 7 mars 2016 <<https://dod.defense.gov/News/Article/Article/687205/capability-risk-drive-shift-in-dod-operational-energy-strategy/>>

<sup>10</sup> Tina Casey, « US Navy Deploys Green Power Vs. Oil Power in ISIL Battle », *Advanced Biofuels USA*, 6 novembre 2016, <<https://advancedbiofuelsusa.info/us-navy-deploys-green-power-vs-oil-power-in-isil-battle/>>

<sup>11</sup> Argument du vice-secrétaire adjoint à la Navy, Tom Hicks, dans son discours à la conférence Advanced Biofuels Leadership tenu en avril 2012 à Washington DC. Cité par J. LANE, « US warplanes can fly faster, carry additional weapons load using advanced fuels and biofuels: new data », *Biofuels Digest*, 21 mai 2012 <<http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2012/05/21/us-warplanes-can-fly-faster-carry-additional-weapons-load-using-advanced-fuels-and-biofuels-new-data/>>. Le secrétaire à la Marine Mabus, sous Obama, expliquait dans son interview sur C-Span : "Nous ne donnerons jamais à ces pays l'occasion de construire nos bateaux, nos avions, nos véhicules terrestres, mais nous leur donnons un droit de veto sur la capacité de ces bateaux à naviguer, des avions à voler, et des véhicules terrestres à rouler, lorsque nous leur donnons la possibilité de fixer le prix et les conditions de notre approvisionnement en énergie, et nous devons mettre un terme à cela." (op. cit.).

<sup>12</sup> « Tant que les Etats-Unis exerceront une domination mondiale pour défendre [leurs] intérêts, d'importants volumes d'énergie nécessaires pour soutenir les capacités militaires continueront d'être achetés à l'étranger et feront peser un risque sur le Département ». DoD, *Operational Energy Strategy*, 2016, p.5 <<https://www.acq.osd.mil/eie/Downloads/OE/2016%20DoD%20Operational%20Energy%20Strategy%20WEBc.pdf>>.

<sup>13</sup> Voir par exemple S. BURKE. *The Pentagon's Fuel Fiefdom*. New America, 2017 ; S. BURKE, *Energy for the War Fighter*, Harvard University Center for the Environment. 2011 ; D. LINDNER, Lindner, « Air Force Develops New, Deployable, Energy Systems », *Energy Express*, mai 2017 <[https://www.afcec.af.mil/Portals/17/documents/Energy/Energy%20Express/Energy%20Express%20MAY\\_2017\\_FINAL.pdf](https://www.afcec.af.mil/Portals/17/documents/Energy/Energy%20Express/Energy%20Express%20MAY_2017_FINAL.pdf)> ; J. CONDLIFFE. « The Department of Defense Wants to Double Down on Renewables » *MIT Technology Review*. 2 mars 2017 <<https://www.technologyreview.com/s/603778/the-department-of-defense-wants-to-double-down-on-renewables/>> ; J. CONGER, « The Military Value of the Defense Department's Energy Efforts », *Defense One*, mars 2017 <<https://www.defenseone.com/ideas/2017/03/military-value-defense-departments-energy-efforts/136125/>>.

<sup>14</sup> Pour preuve du désintérêt porté par l'administration Trump envers les questions environnementales, voir le *Presidential Executive Order on Promoting Energy Independence and Economic Growth*, du 28 mars 2017 <<https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/presidential-executive-order-promoting-energy-independence-economic-growth/>>

<sup>15</sup> L'opposition de certains membres du Congrès à ces politiques a suscité des critiques de la part de la communauté militaire. En témoigne la lettre envoyée par un groupe de généraux et d'amiraux à la retraite, membres de l'Opération Free, au président de la commission des forces armées du Sénat, Carl Levin ; le lettre est lisible à <<http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2012/05/17/military-leaders-call-on-congress-to-secure-america-support-alternative-fuels/>>. Voir aussi Saltanat Berdikееva, « The US Military: Winning the renewable war », *Energy Digital*, 13 septembre 2017 <<https://www.energydigital.com/renewable-energy/us-military-winning-renewable-war>>, et plus récemment T. J. TRITTEN, « The Pentagon is quietly moving forward on biofuel deals. Republicans want to stop it », *Washington Examiner*, 13 mars 2018 <<https://www.washingtonexaminer.com/the-pentagon-is-quietly-moving-forward-on-biofuels-deals-republicans-want-to-stop-it>>.

<sup>16</sup> Entretien le 21 juin 2019 avec le vice-amiral (ret.) Dennis McGinn, ancien adjoint du secrétaire à la Navy en charge de l'énergie, des installations et de l'environnement sous l'administration Obama.

<sup>17</sup> P. HOY, « The World's Biggest Fuel Consumer », *Forbes*, 5 juin 2008 <[https://www.forbes.com/2008/06/05/mileage-military-vehicles-tech-logistics08-cz\\_ph\\_0605fuel.html#810c63f449ce](https://www.forbes.com/2008/06/05/mileage-military-vehicles-tech-logistics08-cz_ph_0605fuel.html#810c63f449ce)>

<sup>18</sup> A. SHALAL-ESA, « Pentagon says cutting energy use is big priority », *Reuters*, 19 mai 2009 <<http://www.reuters.com/article/idUSN1836475920090518>>

<sup>19</sup> HDIAC, « Military's Shift Toward Renewable Energy », *Armed with Science*, 12 août 2015 <<http://science.dodlive.mil/2015/08/12/militarys-shift-toward-renewable-energy/>>.

<sup>20</sup> T. GARDNER, « U.S. military marches forward on green energy, despite Trump », *Reuters*, 1<sup>er</sup> mars 2017 <<http://www.reuters.com/article/us-usa-military-green-energy-insight-idUSKBN1683BI>>.

<sup>21</sup> Voir par exemple l'*Executive Order Regarding Efficient Federal Operations* du 17 mai 2018 <<https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/executive-order-regarding-efficient-federal-operations/>>. La seule référence aux énergies renouvelables porte sur le rappel de la nécessité de « répondre aux exigences réglementaires concernant la consommation d'énergie renouvelable et l'électricité » (Section 2, (b)).

<sup>22</sup> W. FENWICK, *Reducing Battlefield Fuel Demand: Mitigating a Marine Corps Critical Vulnerability*, U.S. Marine Corps Command and Staff College, 20 mars 2009, p.2 <<http://oai.dtic.mil/oai/oai?verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=ADA510304>>

<sup>23</sup> P. ROEGE, colonel (ret.) de l'armée de terre et ancien chef du bureau de l'énergie opérationnelle, cité par S. BERDIKEEVA, *op. cit.*

<sup>24</sup> S. MINTZ, « Military focuses on developing energy storage », *Greenwire*, 8 mai 2017 <<https://www.eenews.net/greenwire/stories/1060054204>> ; J. DEIGN, « Military interest in energy storage remains strong », *Energy Storage Report*, 12 octobre 2016 <<http://energystoragereport.info/military-interest-energy-storage-remains-strong/#more-4241>>.

<sup>25</sup> F. MARTINS, J. C. GAY, « Biofuels: From Boom to Bust? Five lessons from a decade of growth and decline », *Bain & Company*, 17 septembre 2014 <<https://www.bain.com/insights/biofuels-from-boom-to-bust/>>.

<sup>26</sup> Assistant du secrétaire à la défense en charge des plans et programmes pour l'énergie opérationnelle (ASD (OEPP)). W. J. NUTTAL, C. SAMARAS, M. BAZILIAN, « Energy and the Military: Convergence of Security, Economic, and Environmental Decision-Making », *Energy Policy Research Group Working*, Université de Cambridge, novembre 2017, p.19 <<https://www.eprg.group.cam.ac.uk/wp-content/uploads/2017/11/1717-Text.pdf>>

<sup>27</sup> DoD, *Energy for the Warfighter: Operational Energy Strategy* 2001, <<https://www.secnav.navy.mil/eie/ASN%20EIE%20Policy/DODOperationalEnergyStrategy.pdf>>.

<sup>28</sup> *FY 2016 Operational Energy Strategy Annual Report*, *op. cit.*, p.3.

<sup>29</sup> DoD, 2016 *Operational Energy Strategy*, 3 décembre 2015 <<http://www.acq.osd.mil/eie/Downloads/OE/2016%20OE%20StrategyWEBc.pdf>>

<sup>30</sup> White House, *Blueprint for A Secure Energy Future*, 30 mars 2011, p.23, accessible à <[https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/blueprint\\_secure\\_energy\\_future.pdf](https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/blueprint_secure_energy_future.pdf)>.

<sup>31</sup> Avoir un carburant transparent du point de vue opérationnel veut dire que du point de vue de sa structure chimique, ce carburant doit être composé de molécules hydrocarbonées proches de celles présentes dans le kérosène fossile, et de fait de véritables « clones » de celui-ci : c'est le principe de la notion de drop-in.

<sup>32</sup> Cet objectif figure aussi dans le doc *Energy for the Warfighter: Operational Energy Strategy* (2011) : « Le coût de la consommation énergétique nationale de l'Amérique, en particulier celui du pétrole, est très élevé, à la fois en termes de milliards de dollars que le pays envoie à l'étranger et en termes de conséquences géostratégiques. Le Département a l'occasion de réduire ces coûts, en réduisant ses dépenses réelles et en montrant le chemin au pays »

(p.3). A la suite de la demande du Président Obama, un appel d'offre paraissait le 29 mars 2013 visant à créer des bioraffineries commerciales dans divers endroits des Etats-Unis afin de produire du biocarburant *drop-in* à usage naval et aérien à partir de diverses matières premières et suivant différentes méthodes. Une table ronde sur l'industrie de biocarburants s'est tenue le 18 mai 2013 à Washington D.C. dans le but de développer un marché intérieur des biocarburants en mesure de produire des biocarburants à prix compétitif par rapport au carburant traditionnel.

<sup>33</sup> Une liste figure dans l'Energy Policy Act (EPAct) de 1992. Katherine Blakeley explique très bien dans sa thèse (*op. cit.*) que la nébulosité du périmètre du concept de carburants alternatifs a permis de rassembler les démocrates, qui souhaitaient soutenir les énergies renouvelables, et les républicains, qui défendaient d'autres solutions comme le charbon liquide.

<sup>34</sup> Katherine Blakeley, *DOD Alternative Fuels: Policy, Initiatives and Legislative Activity*, Congressional Research Service, R42859, 11 février 2013, p.1 <[https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc462408/m1/1/high\\_res\\_d/R42859\\_2013Feb11.pdf](https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc462408/m1/1/high_res_d/R42859_2013Feb11.pdf)>.

<sup>35</sup> Voir par exemple l'Executive Order 13834 de 2018.

<sup>36</sup> A noter que la loi de politique énergétique EPAct de 1992 autorise l'emploi de carburants alternatifs dans la flotte fédérale.

<sup>37</sup> Le texte n'est plus disponible suite à sa révocation. Les grands objectifs sont néanmoins toujours accessibles : Office of the Federal Environmental Executive, *Fact Sheet Executive Order 13423 Strengthening Federal Environmental, Energy, and Transportation Management*, s.d. <[https://www.doi.gov/sites/doi.gov/files/migrated/greening/authorities/upload/EO\\_13423FactSheet.pdf](https://www.doi.gov/sites/doi.gov/files/migrated/greening/authorities/upload/EO_13423FactSheet.pdf)>.

<sup>38</sup> L'EISA renforce les objectifs de réduction d'énergie de l'EO 13423 et introduit de nouvelles exigences plus sévères. Entre autres mesures, l'EISA encourage la recherche sur la biomasse de deuxième et troisième génération. Le texte est accessible à <<https://www.congress.gov/110/plaws/publ140/PLAW-110publ140.pdf>>.

<sup>39</sup> White House, *Executive Order -- Accelerating Investment in Industrial Energy Efficiency*, 30 août 2012 <<https://obamawhitehouse.archives.gov/the-press-office/2012/08/30/executive-order-accelerating-investment-industrial-energy-efficiency>>.

<sup>40</sup> DoD Annual Energy Management Report FY2015, *op. cit.*, p.35.

<sup>41</sup> *Ibid.*, p.8.

<sup>42</sup> Saltanat Berdikееva, *op. cit.*

<sup>43</sup> Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21), *Renewables 2018 Global Status Report*, 2018, pp. 72-73 <<http://www.ren21.net/gsr-2018/>>. BP, *BP Statistical Review of World Energy 2018*, 2018, p.14 <<https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energyeconomics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf>>, cités par David Hitchcock, *Ready for Takeoff? Aviation Biofuels Past, Present, and Future*, Atlantic Council, 8 janvier 2019 <<https://www.atlanticcouncil.org/publications/reports/ready-for-take-off-aviation-biofuels-past-present-and-future>>.

<sup>44</sup> *FY 2016 Operational Energy Strategy Annual Report*, *op. cit.*.

<sup>45</sup> Pour une analyse politique de ces années, voir la thèse de doctorat de Katherine Blakeley, *Fighting Green: How Congress and the Pentagon Make Defense Policy*, Université de Californie, décembre 2017 <<https://cloudfront.escholarship.org/dist/prd/content/qt2829x9tp/qt2829x9tp.pdf>>.

<sup>46</sup> D. ORCHARD-HAYS, A. KING, *Realize the Great Green Fleet*, 10 août 2017 <<https://advancedbiofuelsusa.info/realize-the-great-green-fleet/>>.

<sup>47</sup> DoN, *Energy Program for Security and Independence*, octobre 2010 <[https://www.secnav.navy.mil/eie/ASN%20EIE%20Policy/Naval\\_Energy\\_Strategic\\_Roadmap.pdf](https://www.secnav.navy.mil/eie/ASN%20EIE%20Policy/Naval_Energy_Strategic_Roadmap.pdf)>.

<sup>48</sup> Pour ce faire, le Secrétaire a imposé une évaluation des facteurs énergétiques lors de chaque attribution par le DoN de contrats portant sur l'immobilier.

<sup>49</sup> Katherine Blakeley, *DOD Alternative Fuels...*, *op. cit.*, p. 2.

<sup>50</sup> La Great Green Fleet est un groupe aéronaval comprenant un porte-avions, un croiseur, deux destroyers, un sous-marin et un avion.

<sup>51</sup> DoN, *The Department of the Navy's Energy Goals*, s. d. <[http://www.navy.mil/features/Naval\\_EnergySecurity.pdf](http://www.navy.mil/features/Naval_EnergySecurity.pdf)>.

<sup>52</sup> U.S. Navy Energy, Environment and Climate Change, *Renewable Energy Projects*, s. d. <<http://navysustainability.dodlive.mil/energy/shore/renewable-energy-projects/>>.

<sup>53</sup> DoN, *Strategy for Renewable Energy*, octobre 2012, pp.4-5 <<https://www.secnav.navy.mil/eie/Documents/DoNStrategyforRenewableEnergy.pdf>>.

<sup>54</sup> Environmental and Energy Study Institute, *DoD's Energy Efficiency and Renewable Energy Initiatives*, juillet 2011 <[https://www.eesi.org/files/dod\\_eere\\_factsheet\\_072711.pdf](https://www.eesi.org/files/dod_eere_factsheet_072711.pdf)>.

<sup>55</sup> Liste des installations qui recevront de l'énergie solaire de Mesquite 3 Solar : bases navales de San Diego, de Coronado, de Point Loma, de Ventura County, Naval Support Activity Monterey, stations d'armement naval de Seal Beach, de Seal Beach Detachment Norco, de Seal Beach Detachment Fallbrook, camps des Marines de Pendleton, centre de combat air-sol des Marines de 29 Palms, station aérienne des Marines de Miramar, base logistique des Marines de Barstow, centre de recrutement des Marines de San Diego, centre d'entraînement au combat en montagne des Marines de Bridgeport.

<sup>56</sup> Pour en savoir plus sur Mesquite 3 : DoN, Department of the Navy, *Department of Energy, Celebrate the Dedication of 210 Megawatt Solar Facility*, 14 octobre 2016 <[https://www.navy.mil/submit/display.asp?story\\_id=97173](https://www.navy.mil/submit/display.asp?story_id=97173)>, et sur les trois projets : Sempra Renewables, *Mesquite Solar 1*, 2019 <<http://www.semprarenewables.com/project/mesquite-solar-1/>>, *Mesquite Solar 2* <<http://www.semprarenewables.com/project/mesquite-solar-2/>> et *Mesquite Solar 3* <<http://www.semprarenewables.com/project/mesquite-solar-3/>>. Voir aussi Renewable Energy Program Office, *Off-Site Purchase For 14 Californian Installations*, s. d. <[http://navysustainability.dodlive.mil/files/2016/10/Mesquite-3-Fact-Sheet\\_FINAL.pdf](http://navysustainability.dodlive.mil/files/2016/10/Mesquite-3-Fact-Sheet_FINAL.pdf)>.

<sup>57</sup> DoN, *Strategy for Renewable Energy*, *op. cit.*, pp 4-5.

<sup>58</sup> *Idem.*

- <sup>59</sup> U.S. Navy Energy, Environment and Climate Change, *Renewable Thermal*, s. d. <<https://navysustainability.dodlive.mil/energy/shore/renewable/renewable-thermal/>>.
- <sup>60</sup> K. BRAY, « PUD abandons tidal energy projet » *Herald*, 30 septembre 2014 <<https://www.heraldnet.com/business/pud-abandons-tidal-energy-project/>>.
- <sup>61</sup> E. STRICKLAND, « Lockheed Martin Pioneers Ocean Energy in China », *IEEE*, 25 juillet 2013 <<https://spectrum.ieee.org/green-tech/geothermal-and-tidal/lockheed-martin-pioneers-ocean-energy-in-china>>. Le DoE apportait également son soutien au projet. Voir le communiqué de presse de Lockheed Martin, *U.S. Department of Energy Awards Lockheed Martin Contract to Demonstrate Innovative Ocean Thermal Energy Conversion Subsystem*, 8 octobre 2008 <[http://www.makci.com/papers/Lockheed\\_OTEC.pdf](http://www.makci.com/papers/Lockheed_OTEC.pdf)>.
- <sup>62</sup> Dix ans pourraient être nécessaires pour tester des systèmes plus petits et commercialiser un système OTEC de 100 MW. D'ici là, le prix d'un système solaire avec stockage devrait avoir fortement baissé, alors qu'on estime qu'un système OTEC vendra son électricité au moins deux fois plus cher que le prix actuel du solaire avec stockage. I. MEDIA, *Hawaii Legislature Considering Subsidizing Ocean Energy Research*, 29 janvier 2018 <<http://www.iiliani.media/2018/01/hawaii-legislature-considering.html>>.
- <sup>63</sup> DoN, *Strategy for Renewable Energy*, op. cit., pp 4-5.
- <sup>64</sup> *Ibid.*, p.5.
- <sup>65</sup> C. YOUNG, « U.S. Marine Corps, Constellation, P&G collaborate to achieve Navy's first 'Net Zero' energy military base », *America's Navy*, 10 octobre 2016 <[http://www.navy.mil/submit/display.asp?story\\_id=97393](http://www.navy.mil/submit/display.asp?story_id=97393)>.
- <sup>66</sup> NREL, NREL and Cogent Energy Systems Validate Innovative Waste-to-Energy Technology, s. d. <<https://www.nrel.gov/esif/partnerships-cogent.html>>.
- <sup>67</sup> Il a été montré que la technologie de Cogent de gazéification ionique à ultra-haute température est adaptée à une large gamme de matières premières ayant une teneur en humidité allant jusqu'à 50%, y compris les ordures ménagères, la biomasse et les bio-huiles. J. LANE, « US Navy picks Creare for Waste-to-Energy Project », *NUU*, 11 octobre 2018 <<http://biofuelsdigest.com/nuudigest/2018/10/11/us-navy-picks-creare-for-waste-to-energy-project/>> et B. MESSENGER, « Cogent's HelioStorm Gasifier at Core of New Waste to Energy System for US Navy », *Waste Management World*, 7 octobre 2017 <<https://waste-management-world.com/a/cogents-heliostorm-gasifier-at-core-of-new-waste-to-energy-system-for-us-navy>>.
- <sup>68</sup> DoN, *Strategy for Renewable Energy*, op. cit., pp 4-5.
- <sup>69</sup> EESI, op. cit., p.4.
- <sup>70</sup> Hawaiian Electric, *Hawaiian Electric, U.S. Navy break ground on West Loch solar projec*, 16 avril 2018 <<https://www.hawaiianelectric.com/hawaiian-electric-us-navy-break-ground-on-west-loch-solar-project>>.
- <sup>71</sup> Marine Corps, Expeditionary Office, *USMC Expeditionary Energy Strategy and Implementation Plan*, 2011 <<http://www.hqmc.marines.mil/Portals/160/Docs/USMC%20Expeditionary%20Energy%20Strategy%20%20Implementati%20on%20Planning%20Guidance.pdf>>.
- <sup>72</sup> DoD, *Energy for the Warfighter*, op. cit., 2011, p.5.
- <sup>73</sup> Dès 2009, les Marines créent le Marine Expeditionary Energy Office, tandis que l'Army Capabilities Integration Center (ArCIC) de l'armée de terre s'empare de la question dans un Livre Blanc <[http://www.arcic.army.mil/app\\_Documents/ARCIC\\_WhitePaper\\_Power-and-Energy-Strategy\\_01APR2010.pdf](http://www.arcic.army.mil/app_Documents/ARCIC_WhitePaper_Power-and-Energy-Strategy_01APR2010.pdf)>.
- <sup>74</sup> 80 % des soldats et des Marines en Afghanistan opéraient à partir de seulement 14% des bases.
- <sup>75</sup> Ted VOGEL, président de l'entreprise 12 South, a conduit une étude sur les bases avancées en Afghanistan entre 2011 et 2012 au profit de l'U.S. Central Command et il s'est aperçu que la plupart des générateurs diesel étaient capables de produire 55 MW mais opéraient constamment autour de 19 MW. Produire 1 kWh à partir d'un générateur coûte \$1,74. P. TUCKER, « Here's What the New Tesla Battery Means for the Military », *Defense One*, 5 mai 2015 <<https://www.defenseone.com/technology/2015/05/heres-what-new-tesla-battery-means-national-security/111928/>>.
- <sup>76</sup> *Id.*
- <sup>77</sup> *Projet Hand Held Fusion Reactors des Marines.*
- <sup>78</sup> P. TUCKER, op. cit.
- <sup>79</sup> Un Marine porte un sac de 55 kg avec l'eau et ses piles. Grâce à un petit panneau solaire enroulable, il peut gagner 11 kg pounds. S. BERDIKEEVA, op. cit.
- <sup>80</sup> Entre autres stratégies, ce bureau cherchait à diviser par deux la consommation journalière de pétrole par les Marines et à réduire le poids total des piles transportée sur le terrain de presque 200 000 pounds
- <sup>81</sup> D. MARKHAM, « Solar Backpacks to Charge Marines in the Field », *Treehugger*, 24 mai 2012 <<https://www.treehugger.com/solar-technology/solar-backpacks-charge-marines-field.html>>.
- <sup>82</sup> *FY 2016 Operational Energy Strategy Annual Report*, op. cit., p.20 ; Sgt. M. S. CIFUENTES, « Marines Thrive in Employing Renewable Energy Saving Lives », *US Marines*, 28 mars 2011, <<https://www.hqmc.marines.mil/News/News-Article-Display/Article/552997/marines-thrive-in-employing-renewable-energy-saving-lives/>>.
- <sup>83</sup> *FY 2016 Operational Energy Strategy Annual Report*, op. cit., p.20.
- <sup>84</sup> P. MARKS, « Backpack generates a powerful punch », *The New Scientist*, 8 septembre 2005 <<https://www.newscientist.com/article/dn7970-backpack-generates-a-powerful-punch/>>. Des brevets ont été déposés en 2015. M. ELEDER, « Human Movement Charges Smartphones and Tablets », *TechLink*, s.d., <<https://techlinkcenter.org/technologies/charging-portable-electronics-human-movement/>>.
- <sup>85</sup> Capt. A. RIPLEY, « Powering the Marine, Enabling the Force » *DoD Power and Energy*, mars 2016, pp.30-31 <[http://www.lightningpacks.com/press/POWER\\_2016.pdf](http://www.lightningpacks.com/press/POWER_2016.pdf)>, et « These 'floating' backpacks could be a game-changer for grunts », *Gear Scout*, 24 septembre 2018 <<https://www.militarytimes.com/off-duty/gearscout/2018/09/24/these-floating-backpacks-could-be-a-game-changer-for-grunts/>>. Plusieurs modèles existent ; certains ont déjà été achetés par l'armée de terre et les Marines tandis que d'autres étaient à l'essai dans les forces à l'automne 2018. La société avait été contactée par les Marines en 2002.
- <sup>86</sup> S. BERDIKEEVA, op. cit.



<sup>87</sup> Mesquite Solar 3 est la propriété de Sempra U.S. Gas & Power. Cet accord est le plus gros achat d'énergie renouvelable réalisée par une entité fédérale (du moins en 2016).

<sup>88</sup> DoD Annual Energy Management Report FY2015, *op. cit.*,

<sup>89</sup> *Ibid.*, p.41.

<sup>90</sup> Katherine Blakeley explique très bien dans sa thèse (*op. cit.*) que le flou autour du périmètre du concept de carburants alternatifs permettait de rassembler les démocrates, qui souhaitent soutenir les énergies renouvelables, et les républicains, qui défendaient d'autres solutions comme le charbon liquide.

<sup>91</sup> L. KAYE, « Chicken Fat, Algae to Fuel US Navy Ships in 2012 », *Triple Pundit*, 7 décembre 2011 <<https://www.triplepundit.com/story/2011/chicken-fat-algae-fuel-us-navy-ships-2012/70781>>.

<sup>92</sup> Pour en savoir plus sur le rôle joué par le Defense Production Act dans les biocarburants, voir A. ANDREWS *et al*, *The Navy Biofuel Initiative Under the Defense Production Act*, Congressional Research Service Report R42568, 22 juin 2012 <<https://fas.org/spp/crs/natsec/R42568.pdf>>.

<sup>93</sup> Memorandum of Understanding Between the Department of the Navy and the Department of Energy and the Department of Agriculture, juin 2011, pp. 2-3 <<http://www.rurdev.usda.gov/SupportDocuments/DPASignedMOUEnergyNavyUSDA.pdf>>.

<sup>94</sup> Le CCC a pour mission, entre autres, de soutenir l'usage des biens agricoles.

<sup>95</sup> Katherine Blakeley, *DOD Alternative Fuels...*, *op. cit.*, pp.2,10.

<sup>96</sup> DoA, Agriculture, Navy Secretaries Promote U.S. Military Energy Independence with 'Farm-to-Fleet', 11 décembre 2013 <<http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome?contentid=2013/12/0237.xml>>.

<sup>97</sup> C. HANSON, « USDA and Navy announce Farm-to-Fleet venture update », *Biomass Magazine*, 12 décembre 2013 <<http://biomassmagazine.com/articles/9793/usda-and-navy-announce-farm-to-fleet-venture-update>>. Pour autant, le budget de Farm-to-Fleet fut sur la sellette, certains parlementaires mettant en cause le financement par le DoD de ce genre de projets et demandant à ce que le DoA et le DoE s'impliquent davantage. Katherine Blakeley, *DOD Alternative Fuels...*, *op. cit.*, p.19.

<sup>98</sup> C. D. BIZIER, « Biofuels are back...er...still in business », *The News Rep.*, 20 mars 2018 <<https://thenewsrep.com/100990/stay-tooned-bio-fuels-and-the-greening-of-the-u-s-military/>>.

<sup>99</sup> Ces deux contrats ont pu être passés grâce à un accord datant de 2013, et ce sont les deux projets restants en lice sur les quatre initialement prévues (*ibid*). Ils ont été contestés par des députés républicains, qui accusaient le gouvernement Obama de « faire passer l'agenda social devant la préparation militaire ». H. BONDI-CAMACHO, « Will the Navy Sink Obama's "Green" Policies? », *Capital Research Center*, 4 avril 2018 <<https://capitalresearch.org/article/will-the-navy-sink-obamas-green-policies/>>.

<sup>100</sup> Les autres investisseurs sont, entre autres, BP, United Airlines et Waste Management. *Ibid*.

<sup>101</sup> La subvention était de 8,335 cents par gallon de F-76 ou de JP-5 contenant au minimum 10 % de biocarburant, avec une augmentation de 0,8335 cents par pourcentage de biocarburant contenu au-delà de 10 %, et jusqu'à 25 cents le gallon. La notice de 2016 disant qu'il y aurait des subventions : DoA, « Notice of Funds Availability (NOFA); Farm-to-Fleet Feedstock Program Biofuel Production Incentive (BPI) », *Registre fédéral* 95956, vol. 81, n° 250, 29 décembre 2016 <[https://www.fsa.usda.gov/Assets/USDA-FSA-Public/usdafilles/Energy/FSA-2017-0001-0001\(Farm-To-Fleet\).pdf](https://www.fsa.usda.gov/Assets/USDA-FSA-Public/usdafilles/Energy/FSA-2017-0001-0001(Farm-To-Fleet).pdf)>.

<sup>102</sup> E. VOEGELE, « USDA withdraws support for the Farm-to-Fleet BPI », *Biomass Magazine*, 2 février 2018 <<http://biomassmagazine.com/articles/15030/usda-withdraws-support-for-the-farm-to-fleet-bpi>>. Sur l'argent demandé par la Navy et non alloué, voir Katherine Blakeley, *DOD Alternative Fuels...*, *op. cit.*, p.12.

<sup>103</sup> J. LANE, « The story of Red Rock Biofuels and the bond market breakthroughs », *Biofuels Digest*, 11 janvier 2018 <<http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2018/01/11/it-takes-a-village-to-raise-a-biorefinery-the-story-of-red-rock-biofuels-and-all-those-others-shifting-to-bond-market-financing/>>.

<sup>104</sup> C. ROSENGREN, « Fulcrum BioEnergy promises \$600M waste-to-fuel project in Gary, Indiana », *Waste Dive*, 14 décembre 2018 <<https://www.wastedive.com/news/fulcrum-bioenergy-waste-to-fuel-gary-indiana/544401/>>.

<sup>105</sup> L. KAYE, *op. cit.*

<sup>106</sup> DoD, *Opportunities for DOD use of Alternative and Renewable Fuels: FY10 NDAA Section 334 Congressional Study*, 18 juillet 2011, p. 4-10 <<https://www.hsdl.org/?view&did=691798>> ; Katherine Blakeley, *DOD Alternative Fuels...*, *op. cit.*, p.6.

<sup>107</sup> C. HANSON, *op. cit.*

<sup>108</sup> « Aemetis CEO to Attend RIMPAC Maritime Exercise in Hawaii with US Navy Great Green Fleet », *Advanced Biofuels*, 1<sup>er</sup> août 2016 <<https://advancedbiofuelsusa.info/aemetis-ceo-to-attend-rimpac-maritime-exercise-in-hawaii-with-us-navy-great-green-fleet/>>.

<sup>109</sup> « Scientists in US state of Florida develop military grade aviation biofuel », *Renewable Energy Magazine*, 21 juillet 2016 <<https://www.renewableenergymagazine.com/biofuels/scientists-in-us-state-of-florida-develop-20160721>>

<sup>110</sup> Les expérimentateurs s'attendaient à ce que les 10% d'énergie contenue dans un gallon de B100 par rapport à un gallon de diesel à très faible teneur en soufre (DFTS) entraîne une augmentation de 10% de la consommation de B100 aux points de charge, les mesures n'ont pas confirmé cela. Un des bâtiments a même eu une consommation de B100 environ 2% plus élevée que de DFTS, alors qu'un autre bâtiment consommait environ 1% de moins de B100. J. SIMPSON, « Biodiesel a Fuel Option for Army Workboats », *Advanced Biofuels*, 31 août 2016 <<https://insights.globalspec.com/article/3163/biodiesel-a-fuel-option-for-army-workboats>>.

<sup>111</sup> D. ORCHARD-HAYS, A. KING, *op. cit.*

<sup>112</sup> DoN, *Energy Program for Security and Independence*, *op. cit.*, p.16.

<sup>113</sup> R. SMITH, « Can the U.S. Military Afford to Run on Biofuels? », *Advanced Biofuels*, 16 mai 2016 <<https://advancedbiofuelsusa.info/can-the-u-s-military-afford-to-run-on-biofuels/>>

<sup>114</sup> Sur le biocarburant de Solazyme, lire R. RAPIER, « An Algal Biofuel Obituary », *Forbes*, 22 octobre 2018 <<https://www.forbes.com/sites/rrapier/2018/10/22/an-algal-biofuel-obituary/#4e137d4d6fb4>>.

<sup>115</sup> L. KAYE, *op. cit.* Renewable Energy Group a racheté Syntroleum en juin 2014. Solazyme a continué dans les algues en devenant TerraVia pour sa branche alimentaire et Solazyme Industrials pour la partie produits techniques.

<sup>116</sup> *FY 2016 Operational Energy Strategy Annual Report*, *op. cit.*, p.19.

- 117 R. MABUS, « Discours- Deployment of the Great Green Fleet », base navale de North Island, San Diego, 20 janvier 2016 <[www.navy.mil/navydata/people/secnav/Mabus/Speech/Great%20Green%20Fleet%20Deployment\\_2016\\_Final.pdf](http://www.navy.mil/navydata/people/secnav/Mabus/Speech/Great%20Green%20Fleet%20Deployment_2016_Final.pdf)>. Cité par D. ORCHARD-HAYS, A. KING, *op. cit.*
- 118 D. IGNATUS, « The Navy Builds Strength by Saving Energy », *Advanced Biofuels*, 6 juillet 2016 <<https://advancedbiofuelsusa.info/the-navy-builds-strength-by-saving-energy/>>.
- 119 Parmi ces critiques figure celle de l'Institute for Energy Research, qui souligne que les achats de bioarburants entre 2009 et 2013 « ont coûté en moyenne 48,36 dollars le gallon » alors que le DoD achetait pour 3,24 dollars le gallon de pétrole conventionnel. D'après l'Institut, l'achat le plus cher a eu lieu 2012 : 4 454 dollars le gallon. IER, *Great Green Waste: Are Military Contracts the New Obama Stimulus?*, 7 août 2013 <<https://instituteforenergyresearch.org/analysis/great-green-waste/>>.
- 120 M. HOWER, *op. cit.*
- 121 R. SMITH, *op. cit.*
- 122 R. ZISSIMOS, K. TUBB, « The New Administration's Policy Should Reflect that Biofuels Cannot Meet Military Needs », *Issue Brief – The Heritage Foundation*, 4 janvier 2017 <<http://thf-reports.s3.amazonaws.com/2017/IssueBriefs/IB4643.pdf>>.
- 123 D'après un rapport parlementaire de la commission des forces armées sur le gaspillage du DoD, cité par M. BASTASCH, « Navy Wasted Millions On \$29 A Gallon Fuel For Its 'Great Green Fleet' », *The Daily Caller*, 19 décembre 2016.
- 124 Propos de Ray Mabus cités par J. LANE, « Great Green Fleet: The Digest's 2016 8-Slide Guide to the US Navy's Transition to Renewable Fuels », *Advanced Biofuels*, 20 janvier 2016 <<https://advancedbiofuelsusa.info/great-green-fleet-the-digests-2016-8-slide-guide-to-the-us-navys-transition-to-renewable-fuels-2/>>.
- 125 Par exemple Jay Lehr, directeur scientifique de l'Institut Heartland, qui publie *Environment & Climate News*, James M. Taylor, président de la Fondation Spark of Freedom, le républicain Mac Thornberry, président de la commission des forces armées de la Chambre des Représentants, ou encore le Dr. Steven Allen du Capital Research Center. Cités par B. R. COHEN, « Navy Sinks Obama-Era Green Destroyer Program », *The Heartland Institute*, 4 mai 2018 <<https://www.heartland.org/news-opinion/news/navy-sinks-obama-era-green-destroyer-program>>.
- 126 T. J. TRITTEN, *op. cit.*
- 127 Sur ce sujet, voir B. R. COHEN, *op. cit.*, et D. B. LARTER, « US Navy canceling program to turn gas-guzzling destroyers into hybrids » *Defense News*, 8 mars 2018 <<https://www.defensenews.com/naval/2018/03/08/the-us-navy-is-cancelling-a-program-to-turn-gas-guzzling-destroyers-into-hybrids/>>.
- 128 La Navy avait demandé 6,3 millions de dollars pour 2018, et 52 millions avaient déjà été dépensés. Au total, ce programme avait été estimé par la Navy à \$356.25 millions. *Ibid.*
- 129 B. R. COHEN, *op. cit.* H. BONDI-CAMACHO, *op. cit.*
- 130 Bill LOVELESS, « Sky's the limit on Navy's biofuel focus », *USA Today*, 14 septembre 2016 <<https://eu.usatoday.com/story/money/columnist/2016/09/14/skys-limit-navys-biofuel-focus/90326310/>>.
- 131 C. FISHBURN, « Biofuels Play a Role in Military Energy Security », *Advanced Biofuels*, 20 janvier 2017 <<https://advancedbiofuelsusa.info/biofuels-play-a-role-in-military-energy-security/>>.
- 132 Office of the Assistant Secretary of Defense, Operational Energy Plans and Programs, *Alternative Fuels Policy for Operational Platforms*, 5 juillet 2012. Cité par Katherine Blakeley, *DOD Alternative Fuels...*, *op. cit.*, p.5.
- 133 Général Wesley K. Clark, dans son discours à la Advanced Biofuels Leadership Conference. Cité par J. LANE, *op. cit.*, 17 mai 2012.
- 134 Ray MABUS, *op. cit.*, 1<sup>er</sup> février 2019.
- 135 T. J. TRITTEN, *op. cit.*
- 136 Un rapport de l'OCDE de 1968 explique que les investissements fédéraux dans le développement des semi-conducteurs ont permis aux Etats-Unis d'être par la suite leader dans le domaine. Lire K. FLAMM, *Creating the Computer: Government, Industry, and High Technology*, The Brookings Institution, 1988. Et E. BRAUN, S. MACDONALD, *Revolution in Miniature*, Cambridge University Press, 1982.
- 137 T. J. TRITTEN, *op. cit.*
- 138 H. TAVARES KENNEDY, « Biofuels are rockin' the boat in maritime sector », *Biofuels Digest*, 22 juillet 2018 <<http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2018/07/22/biofuels-are-rockin-the-boat-in-maritime-sector/>>.
- 139 Les économies réalisées sur sa durée de vie sont estimées à 248 millions de dollars. D. W. RYAN, « Makin Island's Hybrid Technology Helps Sailors and Marines Celebrate Earth Day, Every Day », *America's Navy*, 26 avril 2012 <<https://www.public.navy.mil/surfor/lhd8/Pages/MakinIslandsHybridTechnologyHelpsSailorsandMarinesCelebrateEarthDayEveryDay.aspx>>.
- 140 DoN, *Energy Program for Security and Independence*, *op. cit.*, p.15.
- 141 D. WALLER, « Navy Buys First "Green" Buses for Naval Base Kitsap », *America's Navy*, 1<sup>er</sup> juillet 2010 <[http://www.navy.mil/submit/display.asp?story\\_id=54417](http://www.navy.mil/submit/display.asp?story_id=54417)>.
- 142 EESI, *op. cit.*
- 143 J. TASH, « Camp Pendleton Continues to Help Pave the Way for Hydrogen-Powered Vehicles », *Patch.com*, 17 juin 2011 <<https://patch.com/california/oceanside-camp Pendleton/camp-pendleton-continues-to-help-pave-the-way-for-hyd02c5e580d3>>.
- 144 C. D. BIZIER, *op. cit.*, et « The U.S. Navy Has Lab Proven A Process To Convert Seawater To Fuel », *American Admiralty Books*, 29 août 2014 <<http://americanadmiraltybooks.blogspot.com/2014/08/naval-alchemy-fuel-from-seawater.html>>. Le processus chimique est expliqué sur cette vidéo : « HHO Generator - Water to Fuel Converter », 17 décembre 2012 <<https://www.youtube.com/watch?v=cqjn3mup1So>>.
- 145 US Air Force, *Air Force Energy Plan 2010*, p.25 <<https://www.acc.af.mil/Portals/92/Docs/AFD-100930-035.pdf>>.
- 146 *Id.* et US Air Force, *F72017 Air Force Energy* <[https://www.safie.hq.af.mil/Portals/78/documents/final\\_FY17%20Energy%20Number%20Sheet\\_16%20May%202018.pd?ver=2018-05-24-113817-293](https://www.safie.hq.af.mil/Portals/78/documents/final_FY17%20Energy%20Number%20Sheet_16%20May%202018.pd?ver=2018-05-24-113817-293)>.

<sup>147</sup> C. FISHBURN, *op. cit.*

<sup>148</sup> US Air Force Energy Plan, 2010, *op. cit.*, p.4, et Air Force Infrastructure Energy Plan, 2008, p.6 <<https://www.dm.af.mil/Portals/99/Docs/Infrastructure.pdf?ver=2016-02-22-172103-900>>.

<sup>149</sup> Observations réalisées suite à des essais en 2012 conduits sur la base aérienne Wright-Patterson, dans l'Ohio. J. LANE, *op. cit.*, 21 mai 2012.

<sup>150</sup> *Id.* Ces capacités supérieures étaient pressenties depuis plusieurs années par les militaires et les spécialistes en carburant, mais seules les installations de la base de Wright-Patterson permettaient de mesurer les gains.

<sup>151</sup> E. TEGLER, « How the Air Force Will Attack Its Tiniest Enemy: Plane-Corroding Bacteria », *Popular Mechanics*, 21 septembre 2016 <<https://www.popularmechanics.com/military/research/news/a22960/air-force-plane-eating-bacteria/>>.

<sup>152</sup> M. KNIGHTON, « A-10 first aircraft to use alcohol-based fuel », *Air Force Print News*, 2 juillet 2012 <[http://www.af.mil/news/story\\_print.asp?id=123308337](http://www.af.mil/news/story_print.asp?id=123308337)>.

<sup>153</sup> D. HAMBLING, « Frontline Tech: How Militaries Are Going Green And Cutting Costs », *Forces Network*, 11 février 2019 <<https://www.forces.net/technology/frontline-tech-how-militaries-are-going-green-and-cutting-costs>>.

<sup>154</sup> C. POLAND, « How the Air Force got smarter about its aviation fuel use in 2018 », *U.S. Air Force*, 12 décembre 2018 <<https://www.af.mil/News/Article-Display/Article/1711969/how-the-air-force-got-smarter-about-its-aviation-fuel-use-in-2018/>>.

<sup>155</sup> Air Force Energy Flight Plan 2017-2036, 2017, p.15 <<https://www.safie.hq.af.mil/Portals/78/AFEnergyFlightPlan2017.pdf?ver=2017-01-13-133958-503>>.

<sup>156</sup> T. CASEY, « Keystone, Schmeystone Part II: Air Force Nails Biggest V2G Fleet In The World », *Clean Technica*, 24 novembre 2014 <<https://cleantechnica.com/2014/11/24/keystone-schmeystone-part-ii-air-force-nails-biggest-v2g-fleet-world/>>.

<sup>157</sup> T. EWING, « Vehicle-to-grid project reveals challenges of the early days », *Charged*, 16 février 2018 <<https://chargedevs.com/features/vehicle-to-grid-project-reveals-challenges-of-the-early-days/>>.

<sup>158</sup> F. LAMBERT, « Tesla Model S is being used as chase car to launch spy planes on Royal Air Force base », *Electrek*, 27 juillet 2017 <<https://electrek.co/2017/07/27/tesla-model-s-chaser-car-launch-spy-planes-royal-air-force/>>.

<sup>159</sup> F. LAMBERT, « U.S. Air Force is buying a Tesla Model X to study its 'fully self-driving' capability », *Electrek*, 25 septembre 2017 <https://electrek.co/2017/09/25/tesla-model-x-us-air-forc-fully-self-driving/>

<sup>160</sup> Air Force Infrastructure Energy Plan, *op. cit.*, p.19. B. GARMON, « AF demonstrating hydrogen as alternate fuel source », *US Air Force Civil Engineer Center*, 14 février 2018 <<https://www.afcec.af.mil/News/Article-Display/Article/1441838/af-demonstrating-hydrogen-as-alternate-fuel-source/>>.

<sup>161</sup> HDIAC, *op. cit.*, 12 août 2015.

<sup>162</sup> Air Force Energy Flight Plan, *op. cit.*

<sup>163</sup> *Ibid.* pp.20-21.

<sup>164</sup> « Le développement des énergies renouvelables est certes bon pour la sécurité énergétique nationale, car de nouvelles sources peuvent accroître la diversité du réseau électrique, mais sans une alimentation directe dans l'installation de l'Air Force, ces projets n'améliorent pas significativement la résilience de l'Air Force. » *Ibid.*, p.20.

<sup>165</sup> « Dans l'environnement fiscal actuel, l'Air Force n'a pas la capacité de payer pour des sources d'énergie de niche, et elle achètera les sources d'énergie les plus économiques et les technologies qui répondent aux besoins. » *Ibid.*, p.21.

<sup>166</sup> Energy Independence and Security Act of 2007, *op. cit.*

<sup>167</sup> Université du Maine, « The Defense Logistics Agency (DLA) is investing \$3.3 million in FBRI Research », 6 août 2016 <<https://forestbioproducts.umaine.edu/2016/08/09/defense-logistics-agency-dla-investing-3-3-million-fbri-research/>>.

<sup>168</sup> En 2017, l'Air Force était considérée par l'agence de protection de l'environnement comme une partenaire de l'énergie verte (*Green Power Partner*), c'est-à-dire un des principaux acheteurs du pays d'électricité produite par des ressources plus écologiques, selon la définition que l'Agence donne d'« énergie verte ». B. GARMON, « Air Force awards \$143 million energy savings contract at DoD's largest joint base », *US Air Force Civil Engineer Center*, 28 septembre 2018 <<https://www.afcec.af.mil/News/Article-Display/Article/1648009/air-force-awards-143-million-energy-savings-contract-at-dods-largest-joint-base/>>.

<sup>169</sup> Office of the Assistant Secretary of Defense for Energy, Installations, and Environment, *Department of Defense Annual Energy Management and Resilience Report (AEMRR) Fiscal Year 2017*, Juillet 2018 <<https://www.acq.osd.mil/eie/Downloads/IE/FY%202017%20AEMR.pdf>>

<sup>170</sup> Sauf mention contraire, tous les cas cités ici sont tirés de *DoD Annual Energy Management Report FY2015*, *op. cit.*, p.41-42 ; *Air Force Energy Plan 2010*, *op. cit.* ; Office of the Deputy Assistant Secretary for Environment, Safety and Infrastructure, *Air Force Installation Energy*, août 2018 <[https://www.safie.hq.af.mil/Portals/78/documents/General\\_USAF%20Fact%20Sheet\\_13AUG2018.pdf?ver=2018-08-17-092444-080](https://www.safie.hq.af.mil/Portals/78/documents/General_USAF%20Fact%20Sheet_13AUG2018.pdf?ver=2018-08-17-092444-080)>.

<sup>171</sup> « SunPower Begins Operations of Solar Array at Vandenberg Air Force Base », *Power Engineering*, 10 avril 2018 <<https://www.power-eng.com/articles/2018/04/sunpower-begins-operations-of-solar-array-at-vandenberg-air-force-base.html>>.

<sup>172</sup> En général, le prix moyen d'achat d'électricité aux Etats-Unis fluctue autour de 0,034\$/kWh à 0,16\$/kWh, avec une moyenne à 0,066\$/kWh selon la localisation des bases aériennes. *US Air Force Civil Engineer Center*, « Renewable Energy », s. d. <<https://www.afcec.af.mil/Home/Energy/Renewable-Energy/>>.

<sup>173</sup> Defense Science Board. *More Fight – Less Fuel*, février 2008, p.9 <<https://www.hsdl.org/?view&did=483276>>.

<sup>174</sup> On peut lire dans l'introduction du document : « Notre excellence dans la défense de l'Amérique et de ses valeurs a un coût sous-jacent en énergie et en eau indispensable pour opérer nos installations. Notre capacité militaires et notre efficacité au combat dépendent de ces ressources. L'inefficacité et le gaspillage affaiblissent nos ressources financières, qui pourraient être allouées à démultiplier notre puissance au combat et prendre soin de nos familles. Notre sur-dépendance envers les énergies fossiles et les sources d'énergie étrangères met en danger notre sécurité et restreint notre liberté d'action dans un environnement mondial. » (p.3)

- <sup>175</sup> Department of the Army, *The US Army Energy Strategy for Installations*, juillet 2005 <<http://army-energy.army.mil/programs/docs/strategy.pdf>>.
- <sup>176</sup> Secrétaire de l'Army, *Memorandum – Army Operational Energy Policy*, 30 avril 2013 <<https://www.army.mil/e2/c/downloads/295964.pdf>>. Ce document de quatre pages indique comment intégrer l'énergie opérationnelle dans les politiques, les stratégies et les règlements actuels afin de garantir la prise en compte de l'énergie opérationnelle dans les consommations d'énergie de l'armée de terre.
- <sup>177</sup> La révision de la stratégie s'appuie sur l'*Installations, Energy and Environment Strategy 2025* et la *Strategy for the Environment*.
- <sup>178</sup> *Army Energy Security Implementation Strategy*, 2009, p. 15 <<https://www.hsdl.org/?view&did=9339>>.
- <sup>179</sup> Les énergies renouvelables regroupent le solaire photovoltaïque, les éoliennes, la biomasse, la géothermie et l'hydro-électricité.
- <sup>180</sup> *2015 Progress Report – Army Net Zero Initiative*, octobre 2016, p.9 <<https://www.army.mil/e2/c/downloads/455375.pdf>> et *Department of the Army, Sustainability Report 2014*, septembre 2014, p.29 <<https://www.army.mil/e2/c/downloads/367149.pdf>>.
- <sup>181</sup> U.S. Army Office of Energy Initiatives, *Army Guide: Developing Renewable Energy Projects by Leveraging the Private Sector*, novembre 2014 <<http://www.asaie.army.mil/Public/ES/oei/docs/2014%2011%2006%20Army%20Guide%20to%20Developing%20Renewable%20Energy%20Projects.pdf>>.
- <sup>182</sup> La durée de 14 jours est une contrainte fédérale : la politique de l'armée de terre établit que les actions relevant de missions critiques bénéficient d'une autonomie énergétique de 14 jours. *Army Directive 2017-07 Installation Energy and Water Security Policy*, <[http://www.asaie.army.mil/Public/ES/doc/Army\\_Directive\\_2017-07.pdf](http://www.asaie.army.mil/Public/ES/doc/Army_Directive_2017-07.pdf)>
- <sup>183</sup> D. VERGUN, « Army pursuing 14-day energy, water independence for installations », U.S. Army, 28 mars 2017 <[https://www.army.mil/article/184993/army\\_pursuing\\_14\\_day\\_energy\\_water\\_independence\\_for\\_installations](https://www.army.mil/article/184993/army_pursuing_14_day_energy_water_independence_for_installations)>.
- <sup>184</sup> D. BATHMANN, « Army deploys innovative battery-recharging kit », U.S. Army, 2 août 2010 <<http://www.army.mil/news/2010/08/02/43176-army-deploys-innovative-battery-recharging-kit/>>; T. SINGH, « U.S. Army to Use Solar Backpacks In Afghanistan », *Inhabitat*, 15 septembre 2010 <<https://inhabitat.com/u-s-army-to-use-solar-backpacks-in-afghanistan/>>.
- <sup>185</sup> K. OSBORN, « Army evaluating transportable solar-powered tents », U.S. Army, 8 décembre 2010 <[https://www.army.mil/article/49138/army\\_evaluating\\_transportable\\_solar\\_powered\\_tents](https://www.army.mil/article/49138/army_evaluating_transportable_solar_powered_tents)>. L'entreprise les a mises au point en 2004 puis a amélioré leur puissance. « Army Tents Become Solar Power Field Equipment », *Renewable Energy World*, 21 juin 2004 <<https://www.renewableenergyworld.com/articles/2004/06/army-tents-become-solar-power-field-equipment-11367.html>>.
- <sup>186</sup> K. BOURZAC, « A Simpler Route to Plastic Solar Cells », *Technology Review*, 24 juin 2010 <<http://www.technologyreview.com/energy/25650/>>.
- <sup>187</sup> U.S. General Services Administration, *GSA Helps Army Attain Net Zero Energy*, 2014 <<http://www.gsa.gov/portal/content/197707>>.
- <sup>188</sup> D HAMPLING, *op. cit.*
- <sup>189</sup> *Amy Net Zero, Lessons Learned in Net Zero Energy*, juin 2015, p.27 <https://www.nrel.gov/docs/fy15osti/62946.pdf>
- <sup>190</sup> HDIAC, *op. cit.*, 12 août 2015.
- <sup>191</sup> TRADEC, *Advanced Vehicle and Power Initiative*, 29 juillet 2010, p.22 <<https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a531459.pdf>>.
- <sup>192</sup> *Army Information Paper – SAIE-EP*, mai 2010 <[https://www.asaie.army.mil/Public/Partnerships/EnergySecurity/docs/Army\\_Energy\\_Enterprise\\_IP\\_May-10.pdf](https://www.asaie.army.mil/Public/Partnerships/EnergySecurity/docs/Army_Energy_Enterprise_IP_May-10.pdf)>.
- <sup>193</sup> *Advanced Vehicle and Power Initiative*, *op. cit.*, pp.21-22.
- <sup>194</sup> *Holocene Energy, The U.S. Military and Renewable Energy*, 12 novembre 2018 <<https://www.holocene-energy.com/military-renewableenergy>>.
- <sup>195</sup> *Lessons Learned in Net Zero Energy*, *op. cit.*, pp.16, 25.
- <sup>196</sup> Rocky Mountain Institute, Cohnreznick Think, Energy, Homer Energy, *The Economics of Grid Defection. When and where distributed solar generation plus storage competes with traditional utility service*, février 2014 <[http://homerenergy.com/pdf/RMI\\_Grid\\_Defection\\_Report.pdf](http://homerenergy.com/pdf/RMI_Grid_Defection_Report.pdf)>.
- <sup>197</sup> Lieux potentiels : Fort Gordon, Fort Benning, Fort Stewart, Fort Rucker, Anniston Army Depot, Fort Detrick et Fort Hood.
- <sup>198</sup> *Advanced Vehicle and Power Initiative*, *op. cit.*, p.22.
- <sup>199</sup> « Energy Department and Army TARDEC to Collaborate on Hydrogen Fuel Cell Deal », *Department of Energy*, 9 octobre 2018 <<https://www.energy.gov/eere/articles/energy-department-and-army-tardec-collaborate-hydrogen-and-fuel-cells-military-use>>.
- <sup>200</sup> « New Nano Power to Produce Hydrogen Fuel From Urine », *Economic Times India*, 13 septembre 2017 <<http://economictimes.indiatimes.com/news/science/new-nano-powder-to-produce-hydrogen-fuel-from-urine/articleshow/60492819.cms>>; D. MCNALLY, « Army scientists discover power in urine », U.S. Army, 13 septembre 2017 <[https://www.army.mil/article/193647/army\\_scientists\\_discover\\_power\\_in\\_urine](https://www.army.mil/article/193647/army_scientists_discover_power_in_urine)>; A. LINEHAN, « Be All You Can Pee: Urine Might One Day Power America's Wars », 18 septembre 2017 <<http://taskandpurpose.com/can-pee-urine-might-one-day-power-americas-wars/>>.
- <sup>201</sup> D. VERGUN, *op. cit.*
- <sup>202</sup> *2015 Progress Report – Army Net Zero Initiative*, *op. cit.*, p.22.
- <sup>203</sup> *Ibid.*, pp.16, 25. Energy Information Administration, *How much electricity does an American home use?*, 26 octobre 2018 <<https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.cfm?id=97&t=3>>.
- <sup>204</sup> Acting Deputy Assistant Secretary of the Army for Energy and Sustainability (DASA-E&S), « Army Energy Resilience », U.S. Army, 11 octobre 2017 <<https://www.army.mil/standto/2017-10-11>>.
- <sup>205</sup> *Army Energy Security Implementation Strategy*, *op. cit.*, 2009, p.17.
- <sup>206</sup> G. SHEFTICK, « Sustainable energy projects help Army garner award », U.S. Army, 26 décembre 2018 <[https://www.army.mil/article/215494/sustainable\\_energy\\_projects\\_help\\_army\\_garner\\_award](https://www.army.mil/article/215494/sustainable_energy_projects_help_army_garner_award)>.

<sup>207</sup> DoD Annual Energy Management Report FY2015, op. cit.

<sup>208</sup> E. WOOD, « Army Corps to Issue RFP for Microgrid at California's Fort Hunter Liggett Base », *Microgrid Knowledge*, 20 avril <<https://microgridknowledge.com/military-microgrid-fort-hunter-liggett/>>. 2015 Progress Report - Army Net Zero Initiative, op. cit., p.16,25.

<sup>209</sup> *Advanced Vehicle and Power Initiative*, op. cit., p.7.

<sup>210</sup> Y. TADJDEH, « Army Driving Forward with Electric Vehicle Plans », *National Defense Magazine*, 21 février 2019 <<http://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2019/2/21/army-driving-forward-with-electric-vehicle-plans>>.

<sup>211</sup> *Army Energy Security Implementation Strategy*, op. cit., 2009. Il s'agit d'un programme sur 20 ans dont le budget est de 4,6 milliards de dollars.

<sup>212</sup> Modes de propulsion favorisés : batterie électrique, moteur hybride, moteur hybride hydraulique, véhicules hybrides rechargeables, pile à combustible.

<sup>213</sup> EESI, op. cit.

<sup>214</sup> L'US Army loue un nombre non négligeable de véhicules (environ 10 % du total fédéral) ; parmi les non-tactiques qui pourraient être électrifiés (un peu moins de 200 000), environ 40 % lui appartiennent. GSA, *Federal Fleet Report*, 2009.

<sup>215</sup> « Une brigade combat team consomme quotidiennement 2 000 gallons de fuel. Nous devons penser autrement », a déclaré Donald Sando, adjoint au général commandant le Centre d'excellence des Manœuvres ». Le col. Sando imagine des véhicules de 75 tonnes propulsés par une motorisation électrique et des piles de grande capacité rechargeables par un générateur de 10 à 50 kW. J. GOULD, « All-electric brigades? US Army official says it's coming sooner than you'd think », *Defense News*, 11 octobre 2017 <<https://www.defensenews.com/digital-show-dailies/ausg/2017/10/11/all-electric-brigades-us-army-official-says-its-coming-sooner-than-you-d-think/>> et F. LAMBERT, « US Army doesn't want to be left out of the electric revolution, official talks 'all-electric brigades' », *Electrek*, 18 octobre 2017 <<https://electrek.co/2017/10/18/us-army-electric-revolution-official-talks-all-electric-brigades/>>.

<sup>216</sup> Un moteur électrique présente de nombreux avantages pour les militaires, comme pouvoir abandonner un moteur central et poser à la place plusieurs moteurs, par exemple un par roue. Cela permet de mieux répartir le poids et de résister à une perte moteur. En outre, un moteur électrique fournit un couple plus grand à grandes vitesses et permet d'utiliser les appareils électriques embarqués sans avoir à faire tourner le moteur, améliorant la discrétion. Y. TADJDEH, op. cit.

<sup>217</sup> M. CHINO, « Breakthrough Process Increases Efficiency in Hydrogen Fuel Cell Cars », *Inhabitat*, 16 juin 2010 <<https://www.inhabitat.com/2010/06/16/breakthrough-process-increases-efficiency-in-hydrogen-fuel-cell-cars/>>.

<sup>218</sup> M. CHINO, « Breakthrough Process Increases Efficiency in Hydrogen Fuel Cell Cars », *Inhabitat*, 16 juin 2010 <<https://www.inhabitat.com/2010/06/16/breakthrough-process-increases-efficiency-in-hydrogen-fuel-cell-cars/>>.

<sup>219</sup> M. CHINO, « Army Testing Hydrogen Fuel Cell-Powered Tanks », *Inhabitat*, 12 juillet 2010 <<https://inhabitat.com/army-testing-hydrogen-fuel-cell-powered-tanks/>>.

<sup>220</sup> Un laboratoire de près de 2800 m<sup>2</sup> pour développer des technologies adaptées aux véhicules de combat.

<sup>221</sup> Ouvert en avril 2012, il travaille en collaboration avec le milieu universitaire et les entreprises, qui peuvent venir y réaliser des essais et échanger sur les technologies émergentes pour des applications duales. Le centre est dédié aux véhicules tactiques et non tactiques.

<sup>222</sup> A. WALKER, « Ground X-Vehicle Technologies (GXV-T) », DARPA, s. d. <<https://www.darpa.mil/program/ground-x-vehicle-technologies>>.

<sup>223</sup> General Electric fera la démonstration de sa technologie MOSFET en carbure de silicium comme alternative aux systèmes à base de silicium, qui devrait permettre une meilleure gestion de la puissance embarquée. « Greener, cleaner & less explosive: the rise of military electric vehicles », *Army Technology*, 13 mars 2016 <<https://www.army-technology.com/features/featuregreener-cleaner-less-explosive-the-rise-of-military-electric-vehicles-4809219/>>.

<sup>224</sup> Y. TADJDEH, op. cit.

<sup>225</sup> J. ALIOTTA, « U.S. Army TARDEC demos ZH2 fuel cell vehicle at Schofield with 25th Infantry », U.S. Army, 8 février 2018 <[https://www.army.mil/article/200366/us\\_army\\_tardec\\_demos\\_zh2\\_fuel\\_cell\\_vehicle\\_at\\_schofield\\_with\\_25th\\_infantry](https://www.army.mil/article/200366/us_army_tardec_demos_zh2_fuel_cell_vehicle_at_schofield_with_25th_infantry)>. Pour une description de la voiture, voir D. VERGUN, « Army, GM unveil new tactical hydrogen vehicle », U.S. Army, 6 octobre 2016 <[https://www.army.mil/article/176222/army\\_gm\\_unveil\\_new\\_tactical\\_hydrogen\\_vehicle](https://www.army.mil/article/176222/army_gm_unveil_new_tactical_hydrogen_vehicle)>.

<sup>226</sup> Si le DoD ou l'ensemble du niveau fédéral suivait le programme AVPI, cela augmenterait les volumes de production de 200 % pour le DoD et 700 % pour le fédéral et permettrait d'atteindre 30 % de parts de marché et 63 000 emplois créés 3 à 4 ans plus tôt. Cf. Union of Concerned Scientists et CALSTART, *Delivering Jobs – The Economic Costs and Benefits of Improving the Fuel Economy of Heavy-Duty Vehicles*, mai 2010 <[https://www.ucsusa.org/assets/documents/clean\\_vehicles/The-Economic-Costs-and-Benefits-of-Improving-the-Fuel-Economy-of-Heavy-Duty-Vehicles.pdf](https://www.ucsusa.org/assets/documents/clean_vehicles/The-Economic-Costs-and-Benefits-of-Improving-the-Fuel-Economy-of-Heavy-Duty-Vehicles.pdf)>.

<sup>227</sup> *Advanced Vehicle and Power Initiative*, op. cit., p.13, 31.

<sup>228</sup> Katherine Hammack, l'assistante à l'Army sous Obama, a déclaré en 2017 que la baisse du coût des biocarburants faisait d'eux « une alternative viable ». C. FISHBURN, op. cit.

<sup>229</sup> DoD, *Opportunities for DOD use of Alternative and Renewable Fuels. FY10 NDAA Section 334 Congressional Study*, 18 juillet 2011, pp. 4-10 <<https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a558214.pdf>>.

<sup>230</sup> Entretien avec le vice-amiral Dennis McGinn, le 27 juin 2019.

<sup>231</sup> E. GIMON, M. O'BOYLE, C. T. M. CLACK, S. McKEE, *The Coal Cost Crossover: Economic Viability Of Existing Coal Compared To New Local Wind And Solar Resources*, Energy Innovation Policy & Technology and Vibrant Clean Energy, 2019.

<sup>232</sup> Agence Internationale des Energies Renouvelables, *Renewable Power Generation Costs in 2017*, janvier 2018 <<https://www.irena.org/publications/2018/Jan/Renewable-power-generation-costs-in-2017>>

<sup>233</sup> Y. TADJDEH, op. cit.

---

<sup>234</sup> *Energy and Water Development: FY2018 Appropriations*, Congressional Research Service, R44895, 11 mai 2018 <<https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R44895>> ; M. HOLT, C. E. CLARK, *Energy and Water Development: FY2019 Appropriations*, Congressional Research Service, R45258, 17 juillet 2018, p.6.

<sup>235</sup> DOE, *FY2018 Summary Control Table by Appropriation*, 2017, <[https://energy.gov/sites/prod/files/2017/06/f35/FY2018BudgetControlTablebyAppropriation\\_0.pdf](https://energy.gov/sites/prod/files/2017/06/f35/FY2018BudgetControlTablebyAppropriation_0.pdf)>.

<sup>236</sup> Le rapport du CSR de février 2019 ne mentionne pas le DoD.

<sup>ccxxxvii</sup> C. BURNS, « Maine trees could fuel military jets, but as long as oil costs \$40 a barrel, it'll be a while », *Bangor Daily News*, 20 août 2016 <<https://bangordailynews.com/2016/08/20/the-point/maine-trees-could-fuel-military-jets-but-as-long-as-gas-costs-2-a-gallon-itll-be-a-while/?ref=ThePointBox>>.

<sup>ccxxxviii</sup> Présentation détaillée des 9 sites : *2015 Progress Report - Army Net Zero Initiative*, *op. cit.*, pp.48-55.

<sup>ccxxxix</sup> Bureau du Management et du Budget de la Maison-Blanche, *America First: A Budget Blueprint to Make America Great Again*, mars 2017, p. 19, <[https://www.whitehouse.gov/sites/whitehouse.gov/files/omb/budget/fy2018/2018\\_blueprint.pdf](https://www.whitehouse.gov/sites/whitehouse.gov/files/omb/budget/fy2018/2018_blueprint.pdf)>

<sup>ccxl</sup> M. HOLT, C. E. CLARK, *op. cit.*, p.8.

<sup>ccxli</sup> G. VAUCHER, *Atmospheric Renewable-Energy Research...*, *op. cit.*, p.xi.