Ambassade de France à Washington
Mission pour la Science et la Technologie
4101 Reservoir Road, NW, Washington DC 20007
Tél. : +1 202 944 6216
Fax : +1 202 944 6244
Mail : publications.mst@ambafrance-us.org
URL : http://www.ambafrance-us.org

Domaine	**Environnement et Développement durable**
Document	**Rapport d'Ambassade**
Titre	**Les énergies renouvelables aux Etats-Unis : politiques de soutien et tendances pour la recherche et le développement**
Auteur(s)	**La Mission pour la Science et la Technologie aux Etats-Unis** (Washington, Boston, Chicago, Houston, Los Angeles, San Francisco)
Date	**4 novembre 2009**
Contact SST	attache-envt.mst@ambafrance-us.org, deputy-envt.mst@ambafrance-us.org, attache-stic.mst@ambafrance-us.org, deputy-stic.mst@ambafrance-us.org, attache-inno.mst@consulfrance-boston.org, deputy2-inno.mst@consulfrance-boston.org, attache-agro.mst@consulfrance-chicago.org, attache-phys.mst@consulfrance-houston.org, attache-sdv@consulfrance-losangeles.org, deputy-stic.mst@consulfrance-sanfrancisco.org
Numéro	

Mots-clefs	Energies renouvelables, innovation, Recherche et Développement, R&D, plan de relance, Smartgrid, éolien, solaire, biocarburants, géothermie, Californie
Résumé	Les Etats-Unis s'orientent progressivement vers une économie sobre en carbone. Tout indique, dans les mesures incitatives prises par l'administration Obama, un investissement massif dans la R&D, particulièrement pour ce qui concerne les énergies renouvelables. Des objectifs ambitieux sont fixés par le Department of Energy, mais aussi par un grand nombre d'états fédérés, notamment au travers des Renewable Electricity Standard, imposant un pourcentage d'électricité d'origine renouvelable. On détecte un tropisme vers les nouvelles énergies dans les financements publics, mais également du côté du capital risque. Une analyse des brevets montre la même tendance, avec les carburants et le solaire en tête de liste. La capacité à produire de l'électricité verte doit s'accompagner d'un réseau de qualité. Or le réseau américain est aujourd'hui précaire et atomisé. Le nouveau président a donc mis l'accent sur le développement rapide d'un réseau électrique intelligent – dit Smartgrid, dont la vocation est de transporter l'électricité et l'information simultanément. Parmi les sources prioritaires, on trouve le solaire, promis à un avenir radieux grâce à des projets colossaux (fermes allant jusqu'à 5 GW) et des procédures d'autorisation qui devraient être accélérées sur les terrains fédéraux. Les Etats-Unis se placent depuis cette année en leader mondial de l'éolien, avec le Texas à l'honneur. La géothermie n'est pas oubliée, même si l'ampleur de son déploiement reste limité par rapport au potentiel, principalement pour l'Ouest du pays. Quant aux biocarburants, les objectifs extrêmement élevés fixés par le Energy Independence and Security Act de 2007 couplés aux problèmes d'acceptabilité sociale des carburants de 1ère génération oriente naturellement vers un fort développement de la 2è et de la 3è génération. Comme par le passé, la Californie reste malgré ses déboires budgétaires; un porte-drapeau des énergies propres et peut servir d'indicateur des tendances globales à moyen terme. Elle a régulièrement devancé le gouvernement fédéral dans la lutte contre les émissions de gaz à effet de serre et continue à miser sur le secteur des énergies nouvelles pour son développement économique.

NB : Toutes nos publications sont disponibles auprès de l'Agence pour la Diffusion de l'Information Technologique (ADIT) - 2, rue Brûlée, 67000 Strasbourg (http://www.adit.fr)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ambassade de France aux Etats-Unis

Mission pour la Science et la Technologie

LES ENERGIES RENOUVELABLES AUX ETATS-UNIS : POLITIQUES DE SOUTIEN ET TENDANCES POUR LA RECHERCHE ET LE DEVELOPPEMENT

TABLE DES MATIERES

A nos lecteurs 1

Les Etats-Unis en route vers un nouveau modèle énergétique? 2
Marc Magaud (secteur Environnement et Développement Durable - Washington)

Les énergies propres, priorité de l'innovation américaine 5
Antoine Mynard et Yann Le Beux (secteur Innovation - Boston)

Brevets: les entreprises se positionnent 8
Antoine Mynard et Aline Charpentier (secteur Innovation - Boston)

La « smart grid » aux États-Unis: un pré-requis de la stratégie énergétique 13
Robert Jeansoulin et Franz Delpont (secteur STIC - Washington)

Eolien: un vent nouveau souffle sur le paysage énergétique américain 16
Marc Magaud et Agathe Dumas (secteur Environnement et Développement Durable - Washington)

L'énergie solaire entre mutations technologiques et baisse des prix 19
Daniel Ochoa et Arnaud Souillé (secteur STIC - San Francisco)

Géothermie : d'importants financements nécessaires pour un déploiement à grande échelle 22
Alberto Pimpinelli (secteur Physique et Nanomatériaux - Houston)

Bioénergies et biocarburants : une politique volontariste pour concrétiser des objectifs ambitieux 25
Adèle Martial et Lila Laborde (secteur Agronomie - Chicago)

La Californie, état leader dans le domaine des énergies renouvelables 30
Mireille Guyader et Camille Arnaud (secteur Biologie - Los Angeles)

Bibliographie 33

A nos lecteurs,

Les Etats-Unis ont engagé une transformation en profondeur de leur paysage énergétique, jusqu'à présent fortement modelé par le prix relativement modique des ressources fossiles. La nouvelle administration mise sur de nouveaux modes de production et sur des gains considérables en matière d'efficacité énergétique afin d'affranchir le pays de sa dépendance envers ces énergies fossiles, de réduire ses émissions de Gaz à Effet de Serre, et de sortir de la crise économique dans laquelle il se trouve, comme une bonne partie du reste du monde, depuis l'automne 2008.

Ce rapport – « Les énergies renouvelables aux Etats-Unis » - est destiné à donner les clés de lecture du futur paysage énergétique de ce pays, dont la taille et la nature des structures administratives (fédérales, étatiques ou locales) contribuent à le singulariser. Ce futur paysage énergétique dépendra de la capacité de la nouvelle économie « verte » à générer des emplois et du consensus qui sera trouvé au Congrès sur des options de fond. Mais il dépendra sans doute plus encore de la Recherche et du Développement, très vivaces aux Etats-Unis, qui apporteront les technologies de demain.

Je souhaite que la synthèse des évolutions en cours, reflétée dans les pages qui suivent, vous incite à faire appel aux services de cette Ambassade et à explorer d'autres facettes de la science chez nos partenaires américains. Sur ce thème comme sur d'autres, nous aurons joué notre rôle si nous avons contribué à détecter, faire connaître et soutenir toute démarche qui renforce les liens unissant la France et les Etats-Unis.

Nous dédions cette publication à Michel Israël, Conseiller pour la Science et la Technologie de cette Ambassade, disparu brutalement au mois de juin dernier. Il s'agit d'un ouvrage collectif que ses collaborateurs de la Mission Scientifique ont souhaité publier à sa mémoire. Les chapitres qui le composent ont par conséquent été rédigés par les six postes que compte notre réseau à travers les Etats-Unis - réseau dont l'objectif est de couvrir un large champ scientifique, à la fois sur le plan géographique et sur le plan thématique.

Pierre Vimont
Ambassadeur de France aux Etats-Unis

Les Etats-Unis en route vers un nouveau modèle énergétique?

Marc Magaud (secteur Environnement et Développement Durable - Washington)

Une campagne électorale et un début de mandat placés sous le signe de l'énergie et du changement climatique

Avec les fortes hausses des prix de l'énergie en 2007 et 2008, relayées début 2009 par une politique volontariste de la nouvelle administration en place, les Etats-Unis se trouvent à la croisée des chemins en matière de choix énergétiques. Le candidat Obama avait réussi à convaincre l'électorat du lien étroit existant entre crise économique, changement climatique, sécurité énergétique et sécurité nationale, provenant de l'excessive dépendance des Etats-Unis vis-à-vis des ressources pétrolières qu'il importe. Le nouveau Président et la majorité parlementaire au Congrès s'attachent depuis leur prise de fonction respective à œuvrer pour une prise en compte de la dimension climatique du mix énergétique, et pour afficher une réelle politique énergétique, cohérente et durable, laquelle faisait globalement défaut depuis 30 ans.

Energie et recherche, axes structurants d'une relance économique sans précédent

Barack Obama avait esquissé, au cours de sa campagne électorale, le projet de développement d'une économie sobre en carbone, qui émettrait en 2050 seulement 20% des gaz à effet de serre par rapport au niveau de 1990. Il s'était engagé à consacrer $150 Milliards sur dix ans à la R&D sur les énergies renouvelables, que ce soit par le financement direct (dotations, garanties d'emprunts, achats par l'état fédéral, etc.) ou par des incitations fiscales. Les premières déclarations officielles sur le changement climatique et la prépondérance accordée au thème de l'énergie dans les premières mesures prises par son administration reflètent le même niveau de préoccupation chez le nouveau Président que chez le candidat.

La mesure-phare qui oriente l'ensemble de l'action de l'Etat fédéral est le *American Recovery and Reinvestment Act* du 17 février 2009, plan de relance d'une ampleur exceptionnelle puisqu'il amène l'endettement des Etats-Unis à 13% du PIB avec quelques $787 Milliards. Malgré quelques coupes lors du processus d'adoption par le Sénat et par la Chambre des Représentants, ce plan de relance focalise une part considérable des moyens sur le secteur de l'énergie, dont $43 Mds d'investissements et $22 Mds d'avantages fiscaux. L'ensemble représente $65 Mds, soit plus de 8% du plan de relance. Cette relance ambitieuse a été rendue possible en arguant auprès du Congrès de la nécessité de changer de paradigme énergétique, mais également en insistant sur le potentiel en emplois « verts » que recèlent les énergies nouvelles. L'un des facteurs clés de succès du plan de relance est donc la capacité du nouveau mix énergétique à sortir le pays rapidement de son marasme.

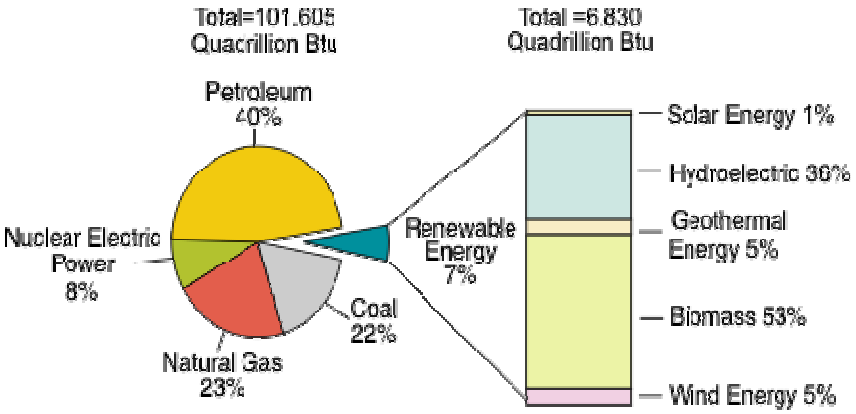
Les énergies nouvelles au centre du jeu

L'efficacité énergétique (modernisation et isolation des bâtiments publics et privés) et le réseau électrique avec sa composante « smart grid », sont très richement dotés dans le plan de relance. Il en va de même pour les transports du futur (batteries, infrastructures, renouvellement des flottes publiques). Par ailleurs, environ $19 Milliards iront aux transports collectifs (urbains, train y compris grande vitesse…). Enfin, les énergies fossiles ne sont pas oubliées puisqu'elles bénéficient de $3,4 Milliards pour la R&D.

Mais ce sont les énergies renouvelables qui se taillent la part du lion, si l'on inclut les dotations et les avantages fiscaux consentis, avec $14 Milliards en crédits et $17 Milliards en incitations fiscales. Le présent rapport examine les domaines dans lesquels cette tendance est la plus marquée et dresse un portrait des

tendances prévisibles sur les prochaines années.

Si les Etats-Unis restent extrêmement dépendants du pétrole importé, et gros consommateurs de charbon (49% de la production d'électricité), ils bénéficient d'ores et déjà (avant que ne soient perceptibles les effets du plan de relance) de sources renouvelables encore très minoritaires, mais dynamiques. Quelques 7% de l'énergie consommée en 2007 aux Etats-Unis provenaient d'énergies renouvelables.



Note: Sum of components may not equal 100 percent due to ndependent rounding.
Source: EIA, *Renewable Energy Consumption and Electricity Preliminary 2007 Statistics*, Table 1: U.S. Energy Consumption by Energy Source, 2003-2007 (May 2008).

Figure 1 : Consommation d'énergies renouvelables en pourcentage de la production (2007)

L'hydroélectricité, dont la part est prépondérante (36% du total des EnR en 2007) fournit déjà l'essentiel de ses capacités. Par conséquent, il n'y a pas de grands projets, bien que les petites centrales hydroélectriques offrent encore des possibilités de développement. Néanmoins, cette source n'est pas traitée dans le présent rapport eut égard à son faible potentiel relatif aux autres technologies.

L'énergie éolienne progresse très rapidement et les Etats-Unis sont devenus en 2008 les leaders mondiaux en termes de capacité installée, devant l'Allemagne. La croissance rapide, atteignant plus de 45% par an en 2007 et 2008, a marqué le pas en 2009 pour cause de récession. Mais il est probable que l'éolien occupera une place de choix dans le futur bouquet énergétique des Etats-Unis, la technologie étant déjà bien maîtrisée, le prix de revient du Kwh étant parmi les plus compétitifs dès aujourd'hui et la ressource du pays étant abondante.

Le solaire, tant photovoltaïque que thermique (principalement à concentration) se développe rapidement. Les installations photovoltaïques ont cru de 57% en 2007 pour atteindre 230 MW, puis près de 450 MW à la fin de 2008 (dont 80% en Californie). Les Etats-Unis se rapprochent des leaders mondiaux (l'Allemagne reste très loin devant avec 1328 MW). Malgré un net ralentissement observé et une industrie temporairement surcapacitaire, les plans très ambitieux de l'administration et les déclarations publiques du Secrétaire à l'Energie, Steve Chu, laissent présager un développement spectaculaire dans les années à venir.

La géothermie est principalement utilisée dans l'ouest des Etats-Unis (Californie 88% du total) à des fins de chauffage des bâtiments. Elle représente pour l'instant 5% des énergies renouvelables, mais son potentiel est jugé important et le plan de relance a permis d'allouer $400 millions à son développement, contre seulement $20 millions alloués annuellement les années précédentes.

La biomasse constitue la principale source d'énergie renouvelable non hydraulique. La filière des biocarburants (éthanol à 90%) est dynamique, mais fait l'objet de critiques quant à la production à partir de denrées alimentaires et à son bilan environnemental. Les biocarburants de 2ème et 3ème générations font l'objet d'efforts importants en R&D, qui sont décrits dans le chapitre correspondant.

Mode d'emploi de cet aperçu « Energies Renouvelables aux Etats-Unis »

Le présent rapport a pour objectif de présenter les évolutions récentes, les acteurs clés et les tendances de la R&D dans les énergies renouvelables, de manière aussi synthétique que possible. Il se concentre sur quelques technologies représentant le gros des efforts d'investissement et de recherche dans les années à venir. Son ambition n'est autre que de caractériser, à un instant « t », des domaines très dynamiques économiquement et technologiquement et il ne prétend donc nullement à l'exhaustivité.

La structure de ce rapport est double : « horizontale » pour la première partie et « verticale » pour la seconde. L'approche horizontale a été privilégiée sur quelques éléments clés du développement de ces nouvelles énergies. Ainsi, les thématiques telles que le contexte politique (aspects budgétaires et fiscaux), le financement de l'innovation (capital risque), la propriété intellectuelle (brevets) ou encore la distribution électrique (réseaux de transports intelligents dits *smart grids*) sont traitées de manière transversale, cette dernière constituant le véhicule des énergies produites.

Dans un second temps, des thèmes « verticaux » permettent d'éclairer le lecteur sur un secteur ou une technologie de production (éolien, solaire, géothermie et biocarburants) ou encore sur un territoire (voir le chapitre sur les EnR en Californie). Nous souhaitons que cette grille « à double entrée » facilite la lecture, pour le spécialiste comme pour le néophyte... et vous souhaitons une bonne lecture.

Les énergies propres, priorité de l'innovation américaine

Antoine Mynard et Yann Le Beux (secteur Innovation - Boston)

Le Président Obama, on le sait, soutient grandement le secteur des technologies propres, notamment par le biais du plan de relance qu'il a mis en place. Le Président de l'Association Nationale des Capitaux-risqueurs (NVCA) a également annoncé la forte volonté d'implication de l'industrie du capital-risque dans la création d'une économie des technologies propres, similaire au rôle prépondérant qu'elle a joué dans la création des industries des logiciels et des biotechnologies.

Le secteur le plus en vogue pour les investissements à risques... avant la crise financière

Les investissements mondiaux des capitaux-risqueurs dans les technologies propres sont passés de 1 à 12,6 milliards de dollars entre 2005 et 2008 (Pew Report).

Avant que la crise financière ne se fasse sentir, les technologies propres étaient le secteur dans lesquels les investissements des VC avaient la plus forte croissance, atteignant 4 milliards de dollars en 2008, soit une augmentation de 54% par rapport à 2007.

De manière générale, les investissements des capitaux-risqueurs (VC) dans les technologies propres ont diminué de 84% entre le dernier trimestre 2008 et le premier de 2009, passant de 971 à 154 millions de dollars[1]. Les chiffres de ce premier trimestre 2009 marquent les plus bas investissements du secteur depuis 2005. Ils sont à comparer aux 614 et aux 577 millions de dollars investis respectivement dans les logiciels et les biotechnologies en ce début 2009. Ces deux domaines accusent des baisses d'investissement moindres avec 42% et 46% de diminution entre fin 2008 et début 2009.

Cependant, le troisième trimestre 2009 est plus qu'encourageant pour l'industrie des technologies propres, qui, pour la première fois, a dépassé les autres secteurs en total de fond investis par les capitaux-risqueurs. Un total mondial de 1,59 milliards de dollars a été investi dans les cleantechs ce dernier trimestre, représentant 27% des investissements des VC. Les biotechnologies et les logiciels représentent respectivement 24 et 18% des investissements pour ce dernier trimestre 2009[2].

D'un point de vue qualitatif, comme dans l'ensemble de l'industrie du capital-risque, les investissements se contractent et sont dirigés vers un nombre plus limité d'entreprises.

Les Cleantechs, futur du capital-risque

Mais les capitaux-risqueurs estiment que les investissements dans le secteur des technologies propres progresseront plus fortement que les secteurs traditionnels d'investissements à risque dans les années à venir. D'ici cinq ans, le secteur pourrait être le domaine majeur d'investissement des VC.

D'après une étude réalisée par Deloitte Research et la NVCA auprès de 725 capitaux-risqueurs, 63% d'entre eux pensent que leurs investissements dans les Cleantechs vont augmenter dans les trois prochaines années (cf. graphique ci-dessous).

[1] Source : Money Tree Report, Q1 2009, PricewaterhouseCoopers pour la National Venture Capital Association
[2] Source : CleanTech Group, Q3 2009

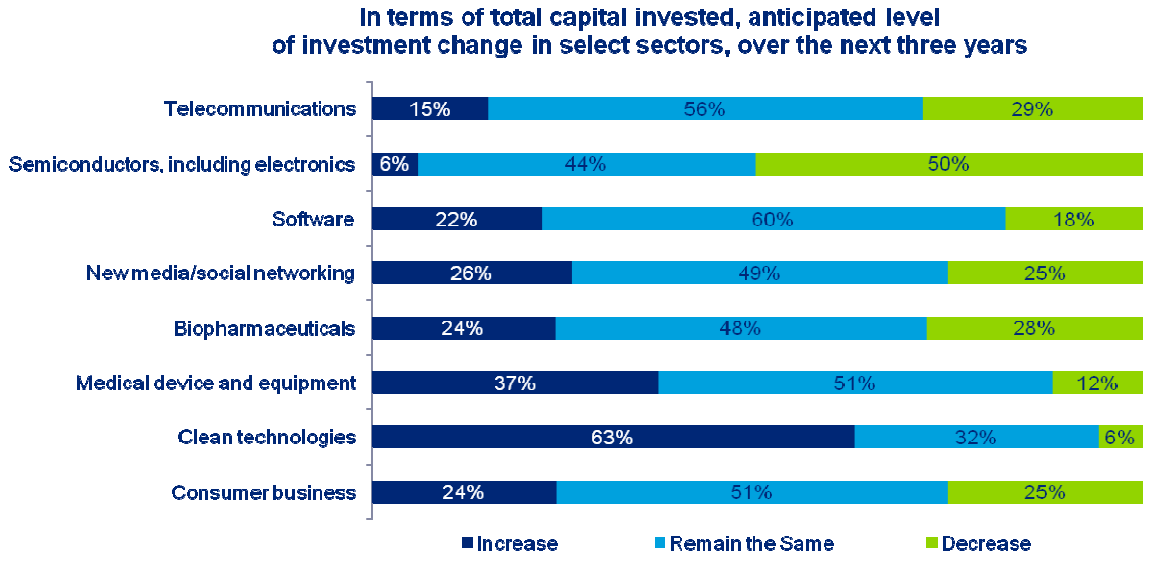


Figure 2 : Evolution envisagée du total des investissements des capitaux-risqueurs dans les différents secteurs sur les trois prochaines années (source : 2009 Global Venture Capitol Survey by Deloitte Research & NVCA)

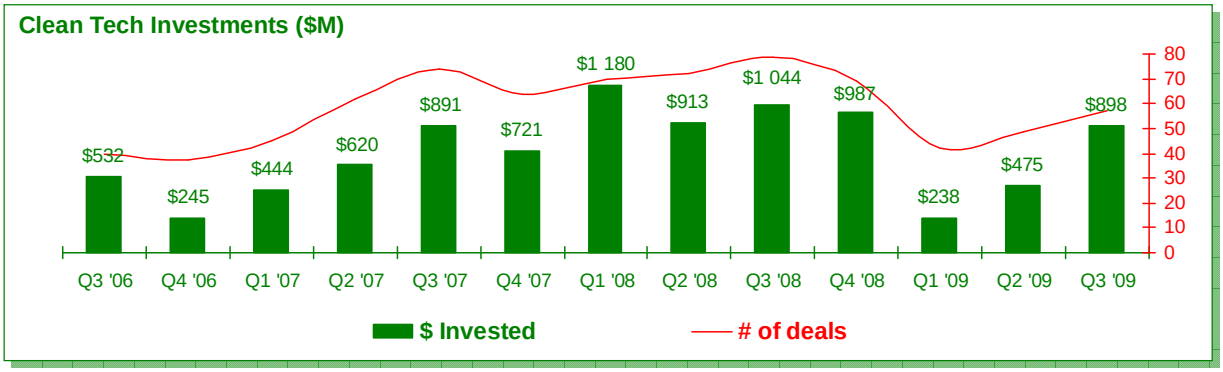
Un facteur probable de cette confiance des investisseurs réside dans le fait qu'une grande partie des entrepreneurs des technologies propres viennent en fait des STIC ou des sciences de la vie. Ils sont donc parfois connus des investisseurs et n'en sont pas à leur première création d'entreprise.

D'après le Directeur de la NVCA, les investissements des VC américains vont s'étendre davantage en dehors des États-Unis et s'orienter également vers les marchés émergents d'Asie-Pacifique et d'Amérique latine.

Bien que la plupart de VC semblent enthousiastes vis-à-vis des cleantechs, il ne faut pas pour autant en oublier les difficultés associées aux entreprises du domaine. Ces dernières requièrent en effet des investissements conséquents avant de développer des technologies commercialisables. Les entreprises de biocarburants ou de photovoltaïque exigent parfois plusieurs centaines de millions de dollars pour le développement de leurs produits.

Néanmoins, malgré des chiffres inquiétants pour le premier trimestre 2009 (moins 41% d'investissements de VC comparé à 2008), le consensus est que les technologies propres, soutenues largement par le plan de relance et le budget fédéral dédié à l'énergie, ont le vent en poupe **(cf. plus haut chiffre 3ème trimestre 2009).** L'optimisme envers les cleantechs ne faiblit pas et l'on parle d'ailleurs de plus en plus de « bulle », notamment dans la Silicon Valley, où beaucoup d'entrepreneurs et d'investisseurs se tournent maintenant vers les énergies vertes, en témoignent les levées de fond spectaculaires réalisées par Prism Solar (150 millions de dollars) ou Fisker's (85 millions de dollars).

Clean Tech Investments
Q3 2006 – Q3 2009



PricewaterhouseCoopers/National Venture Capital Association MoneyTree™ Report
Based on data from Thomson Reuters

Figure 3 : Total des investissements des capitaux-risqueurs dans les CleanTechs aux Etats-Unis (Milliards de dollars) (source : CleanTech Group et National Venture Capital Association)

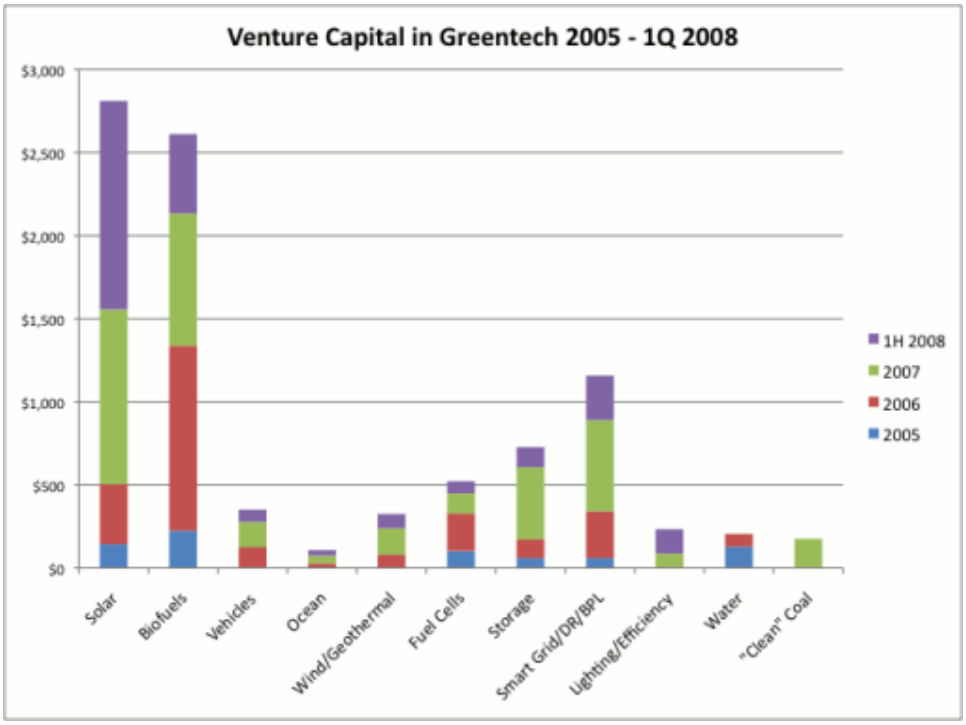


Figure 4 : Répartition et évolution par domaine des investissements des capitaux-risqueurs dans les CleanTechs aux Etats-Unis (Milliards de dollars) (source : CleanTech Group et National Venture Capital Association)

Brevets: les entreprises se positionnent

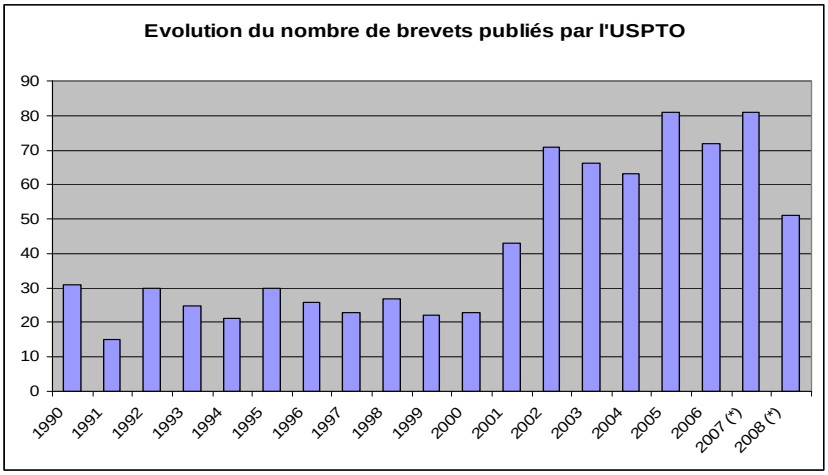
Antoine Mynard et Aline Charpentier (secteur Innovation - Boston)

Les brevets sont de bons indicateurs des tendances technologiques dans la mesure où ils sont destinés à une exploitation commerciale. Le fait qu'ils soient publiés suite à l'examen de l'organe de relecture confirme leur caractère innovant et unique. La tendance générale observée ces dernières années est l'augmentation du nombre de brevets publiés dans l'ensemble des domaines des énergies propres (« *clean tech* » - http://www.delphion.com/) au niveau international et plus spécifiquement aux Etats-Unis. Même si le pays enregistre des retards très importants et croissants dans le traitement des demandes[3], ce qui rend l'analyse des données de ces deux dernières années difficilement exploitables, la tendance est toujours à la croissance.

Les tableaux suivants présentent l'évolution des publications de brevets aux Etats-Unis selon les quatre grandes technologies étudiées dans le rapport à savoir géothermie, éolien, photovoltaïque et biocarburants. Les données proviennent de l'USPTO[4]. Chaque technologie comprend un tableau résumant les principaux détenteurs de brevets depuis 2005 ainsi qu'un graphique résumant l'évolution du nombre de brevets depuis 1990.

Géothermie

Principaux détenteurs depuis 2005	Brevets
1) General Electric Company	12
2) Earth to Air Systems, LLC	7
3) Genedics LLC	5
4) Nuovo Pignone S.P.A.	5
5) Kabushiki Kaisha Toshiba	4
6) M-I L.L.C.	4
7) Ormat Technologies INC.	4
8) BJ Services Company	3
9) Halliburton Energy Services, INC.	3



(*) Les brevets déposés au cours des 18 derniers mois peuvent ne pas être visibles car ils n'ont pas été publiés.

Le premier constat est que le nombre total de brevets publiés est relativement faible. Cela peut être lié au fait que les brevets dans ce domaine sont sans doute moins spécifiques que d'autres et peuvent se rapporter à plusieurs types d'exploitation, comme le forage. Il semble donc y avoir un potentiel innovant moins important sur ce champ d'activité.

L'autre constat est que le nombre total des brevets déposés depuis 2005 représente moins d'un tiers du total des brevets identifiés depuis 1990. La géothermie semble ainsi être une discipline relativement ancienne, donc maîtrisée, où l'innovation est moins développée ou moins active.

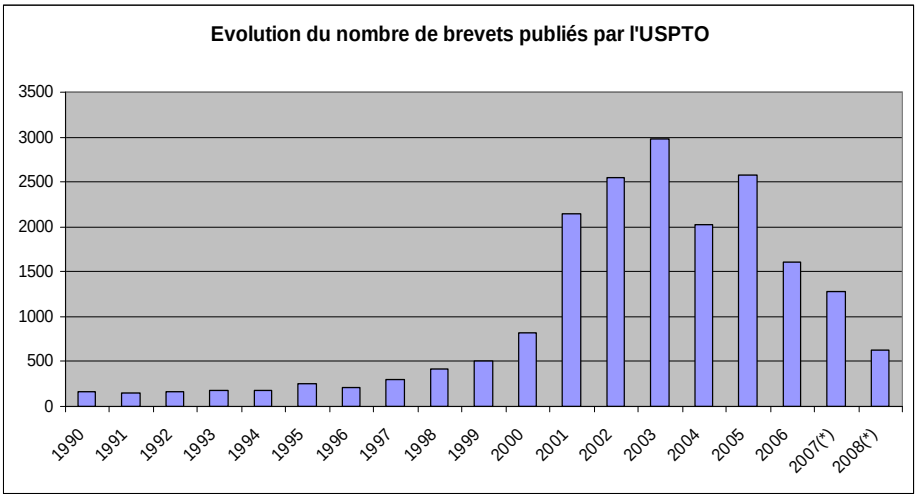
Les principaux détenteurs de brevets récents ne sont que de grandes entreprises du secteur de l'énergie. Aucune université n'apparaît dans l'étude.

[3] entre deux et trois ans de délais sont nécessaires pour un traitement par l'USPTO qui enregistre désormais un retard de plus d'un million de demandes.

[4] « United States Patent and Trademark Office », agence fédérale américaine des brevets et des marques.

Eolien

Principaux détenteurs depuis 2005	Brevets		Principaux détenteurs depuis 2005	Brevets
1) Honda Motor CO., LTD.	355		11) General Electric Company	89
2) Nissan Motor CO., LTD.	272		12) Sony Corp	88
3) Toyota Jidosha Kabushiki Kaisha	270		13) 3M Innovative Properties Company	72
4) Honda Giken Kogyo Kabushiki Kaisha	214		14) Sanyo Electric CO., LTD	71
5) Samsung SDI CO., LTD.	203		15) UTC Fuel Cells, LLC	70
6) Matsushita Electric Industrial CO., LTD.	193		16) Hewlett-Packard Development Company, L.P.	68
7) General Motors Corp	183		17) Delphi Technologies, INC	61
8) Kabushiki Kaisha Toshiba	142		18) Casio Computer CO., LTD.	55
9) GM Global Technology Operations, INC.	121		19) Ballard Power Systems INC	54
10) Canon Kabushiki Kaisha	92		**20) The Regents of the University of California**	52



(*) Les brevets déposés au cours des 18 derniers mois peuvent ne pas être visibles car ils n'ont pas été publiés.

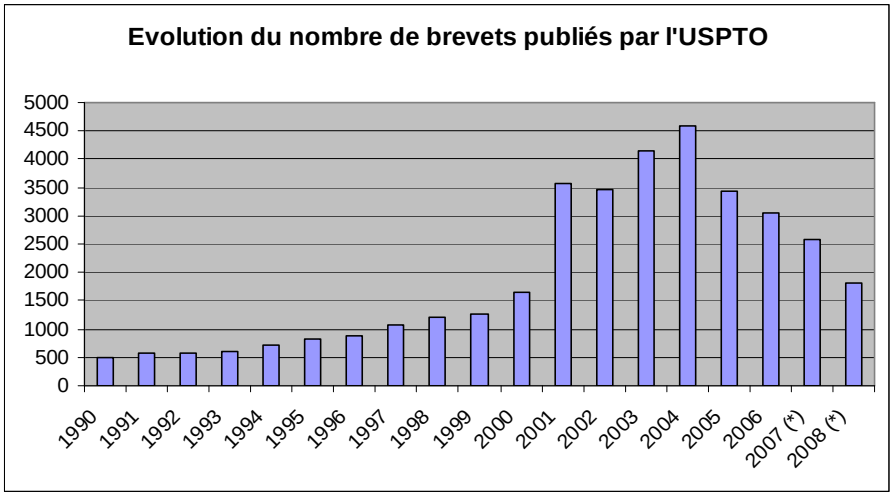
Le nombre de brevets total est plus important, ce qui confirme le caractère plus spécifique de la technologie. Même si l'éolien est une technique utilisée depuis plusieurs décennies, les réelles avancées technologiques sont plutôt récentes puisque la moitié de la totalité des brevets date de 2005.

La plupart des brevets déposés aux Etats-Unis le sont par des entreprises. La première université n'arrive que 20ème et il faut attendre la 43ème position pour voir apparaître Caltech et la 100ème pour le MIT qui sont pourtant les universités reconnues nationalement comme très actives en matière de dépôt de brevets dans le domaine des énergies renouvelables.

Photovoltaïque

Principaux détenteurs depuis 2005	Brevets		Principaux détenteurs depuis 2005	Brevets
1) Samsung Electronics CO., LTD.	501		14) Nichia Corporation	153
2) Sharp Kabushiki Kaisha	427		15) CREE, INC.	151
3) Semiconductor Energy Laboratory CO., LTD.	411		16) Sumitomo Electric Industries, LTD.	124
4) Seiko Epson Corp	314		17) Rohm CO., LTD.	116
5) Samsung Electro-Mechanics CO., LTD.	301		18) Micron Technology, INC.	114
6) Kabushiki Kaisha Toshiba	280		19) General Electric Company	107

7) Sony Corporation	272		20) IBM Corporation	104
8) LG.Philips LCD CO., LTD.	269		21) Hitachi, LTD.	99
9) Matsushita Electric Industrial CO., LTD.	254		22) Fujitsu Limited	91
10) Canon Kabushiki Kaisha	232		23) Nec Corporation	85
11) Sanyo Electrics CO., LTD.	196		24) Nec LCD Technologies, LTD.	85
12) Toyoda Gosei CO., LTD.	180		25) LG Display CO., LTD.	81
13) Osram Opto Semiconductors GMBH	175		**26) The regents of the University of California**	79



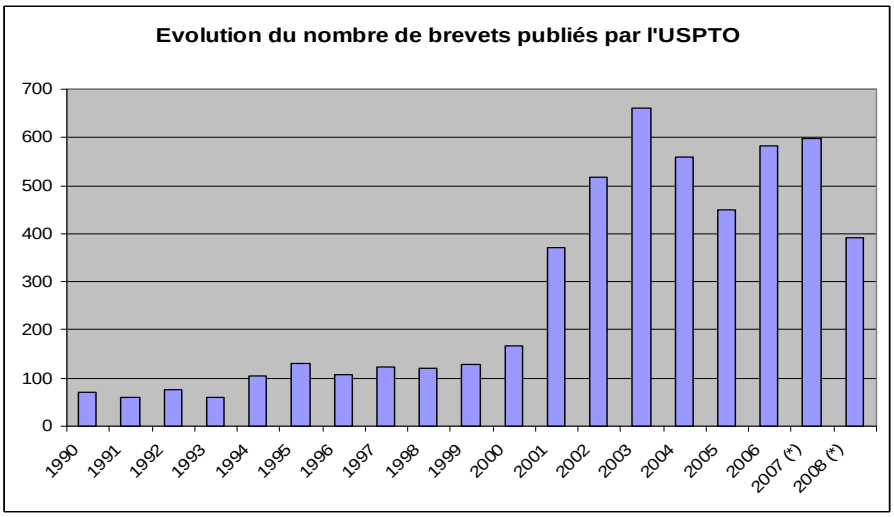
(*) Les brevets déposés au cours des 18 derniers mois peuvent ne pas être visibles car ils n'ont pas été publiés.

La progression des dépôts de brevets est plus lente dans le cas du photovoltaïque. Les premières applications sont relativement anciennes mais les sources d'innovation sont beaucoup plus nombreuses, d'où une évolution rapide de la recherche. Les nouvelles générations de cellules photovoltaïques, le développement des nanotechnologies ont créé une rapide accélération de l'innovation technologique au début des années 2000. Il en résulte une forte proportion de brevets publiés depuis 2005 (40%).

Dans ce cas encore, les principaux détenteurs de brevets sont des industriels. Il est intéressant de remarquer la forte proportion d'entreprises japonaises désireuses de se positionner sur le marché américain.

Biocarburants

Principaux détenteurs depuis 2005	**Brevets**		**Principaux détenteurs depuis 2005**	**Brevets**
1) Conocophillips Company	52		12) Range Fuels, INC.	9
2) General Electric Company	51		13) Syntroleum Corporation	9
3) Chevron U.S.A. INC.	42		14) Battelle Memorial Institute	8
4) Foamix LTD.	29		15) Oryxe Energy International, INC.	8
5) Exxonmobil Chemical Patents INC.	24		16) Degussa AG	7
6) Monsanto Technology LLC	17		17) Searete LLC, a limited liability corporation of the state of Delaware	7
7) BJ Services Company	12		18) Siemens Power Generation, INC.	7
8) Eaton Corporation	12		19) Symyx Technologies, INC.	7
9) Halliburton Energy Services, INC.	12		20) The Boc Group, INC.	7
10) Novozymes A/S	11		**21) The Regents of the University of California**	7
11) Kellogg Brown & Root LLC	9		**22) University of Chicago**	7



(*) Les brevets déposés au cours des 18 derniers mois peuvent ne pas être visibles car ils n'ont pas été publiés.

Le véritable démarrage du dépôt de propriété intellectuelle dans les biocarburants se situe au début des années 2000. On observe un phénomène de « vagues » qui correspondrait aux différentes générations de biocarburants impliquant des types de végétaux différents. La moitié des brevets publiés l'ont été depuis 2005, ce qui démontre l'engouement très actuel pour ces technologies.

La majorité des détenteurs de brevets sont des entreprises, la plupart spécialistes de l'énergie mais également de l'agro-alimentaire.

Un décollage depuis 2000, notamment pour les biocarburants

Si l'analyse des publications de brevets permet de donner une tendance de la recherche en matière d'énergies propres aux Etats-Unis, cette étude met en évidence l'intérêt colossal et grandissant que ces technologies représentent depuis le début des années 2000. D'une manière générale, les entreprises détiennent beaucoup plus de brevets que les universités ce qui démontre leur intérêt commercial. Les grands groupes étrangers, principalement japonais sont également très présents sur le marché américain.

Une analyse par technologie révèle que la géothermie n'apparaît pas comme étant la technologie qui entraînera le plus de stratégie de brevets. En effet, les technologies employées sont peu spécifiques et autorisent des professionnels d'autres domaines (par exemple le forage, le pétrole) à se positionner sur ces aspects.

Les recherches dans l'éolien et le photovoltaïque ont déjà un peu d'ancienneté, ce qui permet de retrouver un grand nombre de brevets, pour certains assez anciens. Cependant, les technologies originelles étant mieux maîtrisées, elles ont permis le développement de nouvelles générations de ces technologies, génératrices de brevets. C'est ainsi que pour ces domaines également, le début des années 2000 marque un nouvel engouement pour la recherche. Les avancées dans des secteurs tels que les nanotechnologies, la volonté de développer de nouveaux avantages concurrentiels ont relancé la course à l'innovation dans l'éolien et le photovoltaïque.

Les biocarburants, quant à eux, semblent constituer le domaine dans lequel le potentiel d'innovation technologique est le plus grand. Il y a encore assez peu de brevets si l'on compare aux autres technologies et la plupart concernent encore les techniques de production de produits finis. Les possibilités de créer des organismes génétiquement modifiés pour la production de biocarburants sont importantes, ce qui laisse présager des innovations technologiques intéressantes.

En conclusion, les données présentées ici permettent de mettre en avant le développement des énergies propres et de servir d'indicateur à ce développement. Il est évident que les enjeux derrière ces brevets sont importants en termes de marché et que toutes ces entreprises championnes du dépôt de brevets en attendent des retombées économiques importantes. C'est ainsi que les revenus mondiaux des licences des énergies propres devraient atteindre 500 milliards de dollars en 2015 alors qu'ils ne représentaient que 110 milliards en 2000.

La « smart grid » aux États-Unis: un pré-requis de la stratégie énergétique

Robert Jeansoulin et Franz Delpont (secteur STIC – Washington)

=== Même en utilisant chaque source possible d'énergie renouvelable, aucun résultat ne sera atteint sans l'ultime et cruciale étape : ré-inventer le réseau. ===

Principe et intérêt d'une « grille moderne »

L'électricité ne se stocke pas à échelle industrielle. Le gestionnaire du réseau de transport a donc pour mission de réaliser à tout instant l'équilibre entre offre et demande :

Production + Import = Consommation + Export

La consommation d'électricité étant fortement dépendante des conditions climatiques, de l'activité économique et des événements médiatiques, le réseau de transport doit établir des prévisions de consommation et ajuster la production manuellement ou selon des modèles. Une telle adaptabilité nécessite des outils modernes et leur mise en œuvre coordonnée sur l'ensemble du territoire. Le concept de « smart grid » est né avec l'expansion des réseaux informatiques et désigne l'utilisation de technologies numériques (e.g. compteurs intelligents) pour optimiser la distribution entre les producteurs et les consommateurs et la rendre potentiellement réversible.

Les bénéfices attendus de la « smart grid » sont avant tout économiques et environnementaux : économies d'énergie, réduction des émissions de CO_2 des centrales à charbon (environ la moitié de la production), réduction des coûts du réseau, aide à la résolution de problèmes actuels (précarité, approvisionnement, congestion, équilibre Offre-Demande) et adaptabilité aux développements futurs (schéma). Par exemple, le réseau haut-débit Internet en zone rurale pourrait utiliser le BPL *(Broadband over Power Line).*

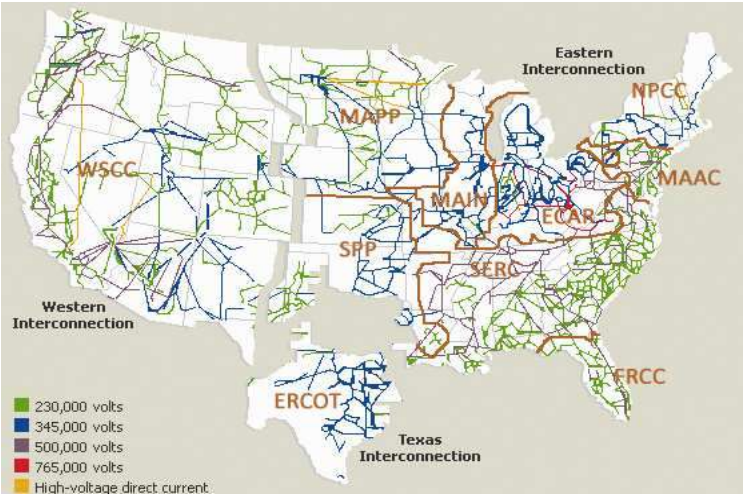


Figure 5 : Crédits : voir en fin de bibliographie p. 33

La situation du réseau électrique aux États-Unis: fragmenté et vulnérable

Le réseau électrique états-unien est un prodige d'ingénierie et peut-être la plus grosse et plus complexe machine du monde. Mais ce réseau est tellement bancal que les interruptions et pannes coûtent près de 150 milliards de dollars annuels à l'économie du pays. L'idée d'une infrastructure intelligente capable d'acheminer le courant de façon rationnelle est donc un projet colossal longtemps repoussé par le manque de volonté politique face à l'ampleur de la tâche. Mais à l'heure de réduire l'émission de gaz à effet de serre, il n'y a plus d'autre choix possible.

La complexité de ce réseau est autant technique que politique. Il existe de multiples réseaux d'électricité gérés dans chaque état : il en résulte de multiples flux d'interconnexion à gérer entre ces états qui ont davantage de pouvoir que le fédéral. Cette structure de régulation a fonctionné correctement durant des années mais n'est plus adaptée et les régions électriques ne se superposent pas aux frontières administratives. Dans ce contexte, les projets sont soumis à des évaluations parallèles dans chaque état concerné, ralentissant considérablement le processus de déploiement. La libéralisation partielle du marché électrique a par ailleurs engendré une multiplication des acteurs indépendants créant un paysage électrique public/privé d'une grande complexité.

Un préalable à la stratégie de développement des Energies Renouvelables

L'impossibilité pour la plupart des énergies renouvelables de pouvoir être mises en œuvre à la demande - à la différence des énergies fossiles ou de l'hydroélectricité - est fortement problématique quant à leur intégration massive dans le réseau. Or, ces énergies - solaire et éolien en tête - connaissent un développement exponentiel (malgré un ralentissement conjoncturel pour cause de crise économique) et le réseau actuel n'est pas capable de supporter le déploiement de telles sources. Il faudrait construire un vaste réseau de lignes à haute tension pour maîtriser le territoire et connecter les régions du pays où les sources d'énergie renouvelable sont abondantes (déserts ensoleillés du sud ouest et grandes plaines venteuses du Midwest) aux villes et agglomérations densément peuplées.

Des défis persistants malgré une volonté politique forte

Divers projets pilotes de déploiement de la « smart grid » sont déjà expérimentés à travers le pays ; installation de 11 200 000 compteurs électriques intelligents entre 2006 et 2012 pour un décompte horo-tarifaire, lancement du tableau de bord Power Meter par Google permettant à n'importe quel usager d'accéder à distance à sa propre consommation d'électricité, sortie de l'Environnemental Dashboard de Microsoft à destination des entreprises, projets universitaires de maisons à énergie positive…

Le Président Obama a multiplié les annonces concernant l'importance stratégique du développement de la smart grid : prévision de création d'une Commission de Modernisation des Réseaux pour faciliter l'adoption des bonnes pratiques, 11 milliards de dollars alloués par le « stimulus package » pour transformer la transmission, la distribution et la production d'énergie.

Dans le cadre de la sécurisation de la « smart grid », le Congrès étudie activement des évolutions à la législation afin de définir clairement les responsabilités des agences civiles et militaires en cas de menaces sur le réseau.

Si les moyens considérables alloués par le plan de relance (ARRA de février 2009) permettent de considérer le déploiement de la « smart grid » aux États-Unis avec un certain optimisme, les défis qui doivent être appréhendés sont nombreux : de l'intégration de la production intermittente au passage aux véhicules

électriques en passant par le développement de la production décentralisée et la préparation aux mutations de consommation (41% d'augmentation de la demande d'électricité entre 1990 et 2005, 17% d'augmentation de cette demande prévue entre 2007 et 2017). Du point de vue de la sécurité, l'informatisation du réseau de distribution de l'électricité n'est pas sans éveiller certaines craintes d'incidents techniques ou de vulnérabilités aux attaques criminelles, qui menaceraient une infrastructure critique du pays. De nombreux problèmes de compatibilité dus à l'hétérogénéité du réseau nécessitent également l'implication de structures de standardisation des matériels et logiciels employés. Le succès de la stratégie énergétique du Président Obama passera donc par la levée de nombreuses hypothèques pesant sur le réseau électrique.

Eolien: un vent nouveau souffle sur le paysage énergétique américain

Marc Magaud et Agathe Dumas (secteur Environnement et Développement Durable - Washington)

L'éolien, énergie renouvelable en plus forte croissance

L'éolien est en 2009 la filière énergétique la plus dynamique dans le monde et l'énergie renouvelable en plus forte croissance aux Etats-Unis (+32% de capacité par an sur 5 ans). Dans le contexte de la lutte contre le réchauffement climatique et de la hausse du prix du pétrole, l'éolien fait l'objet de nombreux investissements. En 2009, les Etats-Unis ont annoncé leur volonté de doubler leur production d'énergie renouvelable d'ici 2012, ce qui demanderait de nombreuses installations supplémentaires (près de 120 000 MW). Dans cette optique, le DoE (Department of Energy) a étudié un scénario selon lequel il pourrait subvenir à 20% de la demande électrique d'ici 2030.

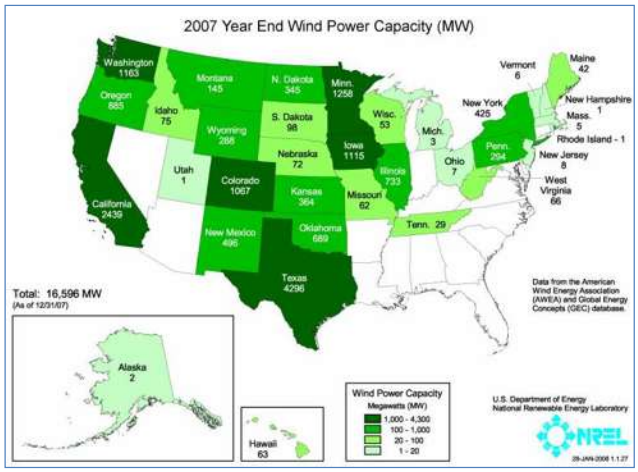


Figure 6 : Capacité éolienne installée aux USA fin 2007 (source : DoE – NERL)

Fin 2008, le parc éolien des Etats-Unis représentait une puissance totale de 25 170 MW, soit près de 1% de la puissance électrique totale installée. Avec plus de 8 358 MW installés au cours de l'année (contre 5 000 MW en 2007), les Etats-Unis ont supplanté l'Allemagne, devenant ainsi le 1er producteur d'électricité éolienne. En 2008, l'éolien a représenté 42% des nouvelles capacités installées, produisant plus de 48 TWh et alimentant près de 7 millions de foyer.

Longtemps leader, la Californie a été devancée par l'Iowa et le Texas, état le plus équipé en éoliennes depuis 2006. Fin 2008, le Texas disposait d'une puissance installée de 7 116 MW, soit 28,3% du parc des Etats-Unis, suivi par l'Iowa (2 700 MW), la Californie (2 517 MW), le Minnesota (1 752 MW) et l'Etat de Washington (1 375 MW). Ces cinq états représentent 60% de la capacité installée aux Etats-Unis.

La R&D reste dominée par le DoE et de grands industriels

Le développement de l'éolien demeure la chasse gardée de quelques groupes industriels, 15 majors (contre 6 en 2005) se partageant plus de 80% du marché en 2007. Depuis les années 70, date des premières installations, l'éolien a bénéficié de nombreuses avancées technologiques (design des turbines, augmentation de la puissance des générateurs, amélioration de la fiabilité des procédés de conversion et de transmission énergétique…). La capacité moyenne des turbines est passée de 0,76 MW en 2000 à 1,6 MW en 2007. Les dernières turbines installées génèrent 3,5 MW pour un diamètre de 100 m et des recherches sont actuellement menées pour atteindre une puissance unitaire de 5 MW (pour 120 m de diamètre). Les projets de fermes déposés dépassent le Giga Watt (GW) et atteignent parfois les 4 GW.

Ces avancées technologiques sont en partie le résultat de partenariats de recherche entre organismes fédéraux et groupes industriels. En 2008, le DoE a ratifié un accord d'une durée de 2 ans avec six grands groupes industriels visant à développer des technologies permettant d'atteindre les 20% d'éolien mis en ligne d'ici 2030. Ce partenariat concerne : la R&D portant sur la fiabilité des turbines, le choix des lieux

d'implantation, le développement de normes de certification des turbines, les avancées portant sur les composants des pales, l'automatisation des procédés, les techniques de production et la formation de la main d'œuvre. Le NREL (National Renewable Energy Laboratory) a, par ailleurs, annoncé la création d'un complexe de recherche dédié au *design* des pales d'éoliennes qui devrait être achevé en 2010.

De ces avancées technologiques résulte une diminution drastique du prix de revient du kWh, depuis 40 c/kWh en 1980 jusqu'à 7-9 c/kWh (si l'on tient compte des incitations fiscales). Aux variations géographiques près, l'éolien est donc devenu compétitif avec les énergies fossiles et l'on estime que d'ici 2012 l'éolien atteindra 3,6 c/kWh on-shore et 7 c/kWh offshore.

Des hypothèques à lever pour atteindre les objectifs annoncés

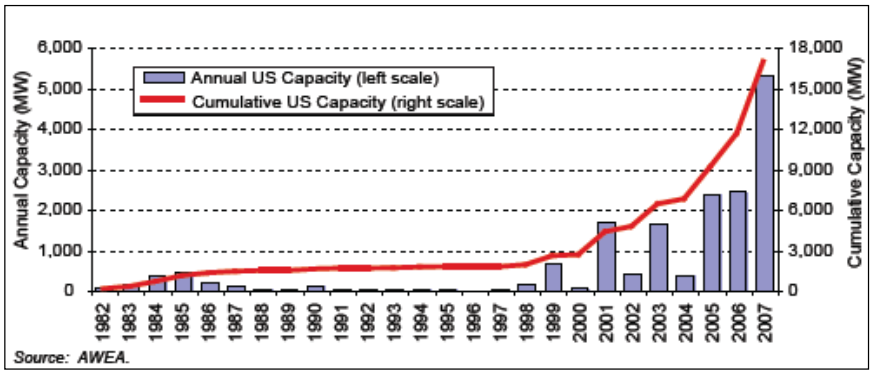


Figure 7 : Capacité installée chaque année et capacité totale (source : AWEA)

L'essor continu de l'éolien, comme pour toutes les énergies renouvelables, dépend directement de la fiscalité et des crédits alloués, que se soit au niveau fédéral ou à celui des états fédérés. En effet, l'éolien ne bénéficie pas de réglementation de longue durée et les subventions «Production Tax Credit » (PTC) doivent être renouvelées périodiquement. L'expiration des crédits d'impôts en 1985, 1999 et 2003 a été suivie par une stagnation des investissements. Atteindre 20% de la production d'électricité à base d'énergies renouvelables d'ici 2030 (scénario du DoE) nécessitera également la restructuration du réseau électrique, souffrant de vétusté, d'une gestion fragmentée et d'une mauvaise desserte des plaines du Nord-Ouest où se situent les principaux gisements.[5]

En outre, l'énergie éolienne suscite une controverse concernant son impact sur l'environnement et notamment sur les populations d'oiseaux migratoires et de chauve-souris. Afin de minimiser l'impact environnemental, des études préliminaires doivent avoir lieu lors du choix des sites d'implantation des futures fermes. Par ailleurs, si les aspects paysagers ne sont pas au cœur du débat en raison de l'étendue du territoire américain, ceux-ci restent néanmoins importants comme en témoigne le retard pris par le projet offshore « Cape Wind » déposé en 2001 et toujours en attente d'un permis de construction.

Une forte impulsion fédérale en 2009

L'American Recovery and Reinvestment Act de février 2009 visant à relancer l'économie américaine alloue de nombreux crédits pour le développement de nouvelles technologies et le déploiement d'énergies renouvelables. Le secteur de l'éolien bénéficie ainsi d'un certain nombre de crédits, les plus importants concernant la prolongation des subventions « PTC » jusque fin 2012 ainsi que l'attribution de plus de 3 milliards de dollars pour la rénovation du réseau électrique (phase d'élaboration du *smart grid*).

L'éolien pourrait par ailleurs bénéficier d'un projet de loi fédérale dite RES (Renewable Energy Standard), imposant aux compagnies de distribution d'énergie de vendre un certain pourcentage d'électricité d'origine renouvelable. En cours d'élaboration, cette loi s'inspire des réglementations RPS (Renewable Portfolio Standard) mises en place dans 27 états et selon lesquelles chaque état participant se doit de distribuer un certain pourcentage d'électricité d'origine renouvelable (compris entre 10 et 25% d'ici 2025).

[5] Voir le chapitre sur la « Smartgrid »

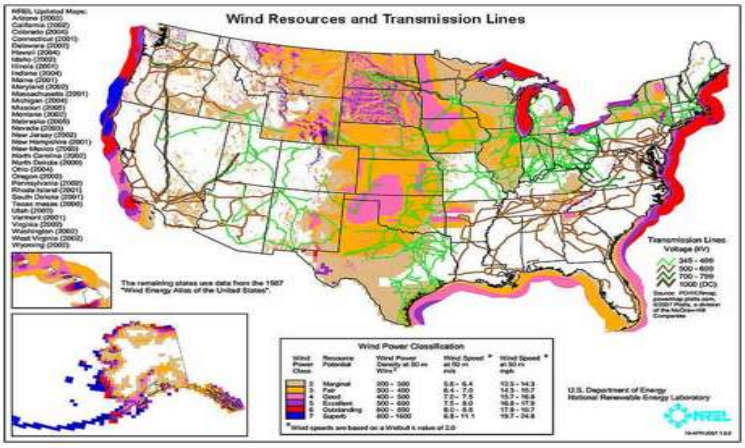


Figure 8 : **G**isements éoliens (source: NREL)

L'énergie solaire entre mutations technologiques et baisse des prix

Daniel Ochoa et Arnaud Souillé (Secteur STIC – San Francisco)

L'idée d'utiliser l'énergie solaire pour faire face aux besoins énergétiques croissants de la planète n'est pas nouvelle, et semble aller de soi. La ressource d'énergie solaire est en effet inépuisable, propre, et abondante : la Terre reçoit en une heure autant d'énergie solaire que l'humanité en consomme en un an. Il suffirait ainsi de couvrir 0.6% des terres émergées avec des systèmes solaires d'une efficacité nette de 10% pour résoudre tous nos problèmes énergétiques actuels.

Un marché en pleine croissance et un développement rapide de l'industrie américaine

Le marché du solaire est longtemps resté limité en raison du coût d'installation des panneaux solaires, principalement lié au prix élevé du Silicium, matériau devenu relativement cher. Aujourd'hui, de nouvelles méthodes de fabrication et des concepts innovants de cellules solaires à couches minces promettent des réductions de coûts importantes. Par ailleurs, plusieurs Etats comme l'Allemagne, le Japon, les Etats-Unis, l'Italie et la France, ont compris les enjeux de l'énergie solaire, et ont mis en place des aides fiscales facilitant le déploiement de panneaux solaires. Tout ceci a permis au marché du solaire de connaître une croissance rapide lors de ces dernières années. Aujourd'hui, la capacité cumulée des installations solaires photovoltaïques (PV) dépasse les 15 GW, ce qui est certes très faible par rapport aux 4 000 GW de capacité de génération électrique mondiale (soit 0.37%), mais représente une multiplication d'un facteur 10 en à peine 8 ans. L'industrie du solaire dégage actuellement un chiffre d'affaire d'environ $37 milliards, les 28 premières entreprises mondiales totalisant une capitalisation de près de $120 milliards.

Aux Etats-Unis, le marché du PV est passé de 140 MW en 2006 à 220 MW en 2007 (+85%), et à 360 MW en 2008 (+64%), se positionnant en troisième position mondiale, après l'Allemagne (1860 MW, +40%) et l'Espagne (2460 MW, +280%) et devant l'Italie (240 GW) et le Japon (230 GW, -64%), dans un marché global de presque 6 GW (+110%). La croissance fulgurante de l'Espagne et l'Italie sont à mettre regard avec le déclin du Japon, qui possédait 20% des parts de marché en 2005, et avec la crise économique mondiale qui devrait générer une contraction du marché d'environ 17% pour 2009. Les parts de marché américaines dans le PV représentent donc actuellement moins de 7% du marché mondial, alors qu'elles atteignaient 45% en 1995. Pour autant, les Etats-Unis semblent déterminés à vouloir rattraper ce retard rapidement. La forte croissance qu'ont connue les investissements privés et le capital risque en 2008 (respectivement +136% à $132 millions au premier trimestre 2008 et +50% à $3 milliards) devrait se poursuivre malgré la crise, grâce au soutien affiché de la nouvelle administration du Président Obama.

Un soutien appuyé de l'administration fédérale et de certains états fédérés

En effet, les aides gouvernementales ont toujours été nécessaires pour soutenir la croissance du marché du solaire. Accompagnées d'instruments financiers élaborés comme les promesses d'achat (PPA), elles ont permis à près de la moitié des installations solaires américaines non résidentielles de voir le jour en 2007. Ainsi, l'administration fédérale américaine a lancé en 2006 un programme nommé « Solar American Initiative » (SAI) doté d'un budget de $159 millions, distribué par le Ministère de l'Energie (DoE) et visant à atteindre une capacité installée de 5 à 10 GW d'ici 2025. Par ailleurs, la fondation « Clean Renewable Energy Bonds, CREBs » a été mise en place, avec une allocation de $1.2 milliards. Elle fournit aux municipalités, aux compagnies coopératives d'électricité et à des entités gouvernementales accès à un capital sans intérêts pour des équipements de production d'énergies renouvelables. Ainsi 443 stations

solaires ont été sélectionnées en 2007.

Au niveau des Etats, celui de Californie se positionne une fois de plus comme précurseur. 31% de son énergie consommée provient d'énergies renouvelables, ce qui est certes inférieur à d'autres Etats comme l'Oregon ou l'Etat de Washington (79% chacun), mais reste bien supérieur à la moyenne nationale de 7%. Bien que la moitié environ de cette énergie provienne de l'hydroélectrique conventionnel, les 15% restants sont supérieurs à la moyenne nationale d'un facteur 4, et le RPS (Renewable Portfolio Standard) du gouvernement Californien prévoit de faire passer ce chiffre à 20% en 2010 et 33% en 2020. Parmi les différentes technologies employées (éolien, géothermal, biomasse), l'énergie solaire ne représente aujourd'hui qu'une très faible fraction de cette énergie consommée (0.2%), mais a le vent en poupe. Dès 2006, par exemple, le Gouverneur Schwarzenegger lançait le programme « Million Solar Roofs Initiative » doté de $3,2 milliards sur 11 ans, afin d'équiper un million de toits californiens en panneaux solaires, pour une puissance estimée à 3 GW. Par ailleurs, depuis janvier 2007, la Californian Public Utilities Commission, (CPUC) offre des primes conséquentes pour des systèmes d'énergie solaire de capacité plus grande que 100 KWp. Ainsi, grâce à ces aides, la capacité annuelle d'installation de panneaux solaires en Californie était de 37 MW, soit presque 4 fois plus que le second Etat, le New Jersey, et plus que la capacité totale américaine en 2005 (33 MW). Le cas de la Californie est détaillé dans le dernier chapitre du présent rapport.

De nouveaux instruments financiers efficaces

Une étude scientifique récente a montré que 69% de l'électricité américaine pourrait être produite à l'horizon 2050 au moyen de vastes champs de cellules PV et concentrateurs thermiques disposés dans le désert du Nevada. Ce projet très ambitieux coûterait environ $400 milliards, mais serait parfaitement réaliste sur le plan technologique. Il faudrait toutefois que le coût d'installation des panneaux solaires passe de 4$/W actuellement, à environ 1,2$/W. Une telle diminution des coûts est aujourd'hui envisageable, grâce à la mise au point de nouvelles méthodes de fabrication et de concepts très prometteurs de cellules solaires à couches minces, ainsi que la mise en place de stratégies financières de plus en plus efficaces.

En particulier, l'implantation des centrales solaires n'est rendue possible que grâce à l'utilisation de PPA (Power Purchase Agreement), faisant appel aux crédits d'impôts et au RPS (Renewable Portfolio Standard) des différents Etats et autorisant l'échange de REC (Renewable Energy Certificates). Grâce à ces outils et à son ensoleillement record, le Nevada est en train d'équiper son désert avec les technologies les plus avancées : la centrale photovoltaïque (PV) Nellis est la plus importante aux Etats-Unis, délivrant 14 MW d'électricité à la base de l'US Air Force sur laquelle elle est construite, la centrale thermique Nevada Solar One vient d'entrer en fonctionnement et délivre déjà 64 MW sur le réseau électrique.

La Californie n'est pas en reste, plusieurs projets de centrales gigantesques ayant fait l'objet de PPA. En particulier, les projets 'Topaz Solar Farm' et 'High Plains Ranch II', seront deux fermes PV qui devraient produire respectivement 550 MW et 250 MW d'énergie solaire dans la 'California Valley' au nord de Los Angeles, d'ici 2013. Ces fermes, construites par des entreprises californiennes (Sunpower et Optisolar) en partenariat avec le fournisseur d'électricité PG&E, bénéficieront de technologies avancées, notamment de couches minces, pour un coût qui dépassera le milliard de dollars. A elles deux, elles totaliseront une puissance de 800 MW, ce qui est dix fois supérieur à la taille des projets dont il était question il y a peu.

La Silicon Valley se reconvertit dans les 'cleantechs'

Grâce aux nombreuses aides gouvernementales, et à son dynamisme industriel propre, la Californie est devenue le premier marché américain dans le solaire PV. Elle regroupe de nombreux projets industriels ambitieux (Nanosolar, Miasolé, Sunpower) visant à produire en masse des panneaux solaires à haute valeur ajoutée technologique, un grand nombre de start-up très innovantes (SolFocus, Energie Innovation, eSolar), des centrales solaires thermodynamiques dans le désert du Mojave (SEGS) et d'excellentes équipes de recherche (LBNL, Stanford, Caltech). Beaucoup de ces acteurs se trouvent dans la Silicon Valley qui

concentre près de 40 pour cent du capital risque américain.

A titre d'exemple, l'entreprise californienne NANOSOLAR dispose d'une telle technique de dépôt « couches minces » qui permet de construire des cellules solaires en ne déposant que la quantité de matériau photosensible utile pour absorber le rayonnement solaire, avec un coût potentiellement bien moindre. En effet, un des principaux inconvénients des cellules solaires traditionnelles est leur coût élevé, dû à la quantité importante de Silicium utilisée (matériau relativement cher), et à la nécessité de travailler sur « wafers » (plaquettes) indépendantes. En comparaison, les bancs de dépôt de Nanosolar « impriment » des cellules solaires sur substrat métallique souple qui défilent en rouleaux et en continu. L'entreprise a déjà levé plus de $150 millions de capital risque, dont $75 millions en 2006 (le plus important investissement mondial dans les énergies propres, une partie provenant de Google) et $50 millions en avril 2008 provenant d'EDF Energies Nouvelles. Grâce à cet argent, l'entreprise vient d'achever la construction de 65,000 m^2 de nouveaux bâtiments de fabrication à San Jose au cœur de la Silicon Valley, et en Allemagne, pour une capacité de production de 200 millions de cellules solaires par an, soit 430 MW.

La course à la « parité de grille » est engagée

La parité de grille est le point à partir duquel le prix de l'électricité solaire est inférieur ou égal à celui de l'électricité du réseau. Il est souvent considéré comme un objectif majeur à atteindre par les industriels du secteur pour que le marché du solaire décolle véritablement.

Actuellement, le coût de l'électricité solaire se situe autour de 0.25$/kWh dans la plupart des pays de l'OCDE. Ce chiffre devrait baisser à 0.15$/kWh d'ici 2011, et même atteindre 0.10$/kWh dans les régions les plus ensoleillées. Comme on le voit sur la figure suivante, la parité de grille peut déjà être atteinte dans des pays ensoleillés comme l'Italie, où l'électricité est chère. Aux Etats-Unis, elle a déjà été atteinte à Hawaï et dans d'autres îles très ensoleillées où l'électricité est majoritairement produite par combustion d'énergies fossiles. Sur le continent, plusieurs industriels (dont GE), ainsi que le DoE (Department of Energy), s'attendent à ce que la parité de grille soit atteinte vers 2015 pour l'ensemble du territoire américain. Cependant, un grand nombre d'états comme la Californie ou la Floride devraient y parvenir dès 2012. Dans ce but, le DoE a débloqué $14 millions sur deux projets de recherche concernant les concentrateurs, en partenariat avec l'industriel espagnol Abengoa. Certains industriels prédisent même que, d'ici 2010, la moitié des consommateurs résidentiels de l'OCDE, et 10% des consommateurs commerciaux soient à parité de grille, à condition que les prix de l'électricité restent les mêmes jusqu'à cette date.

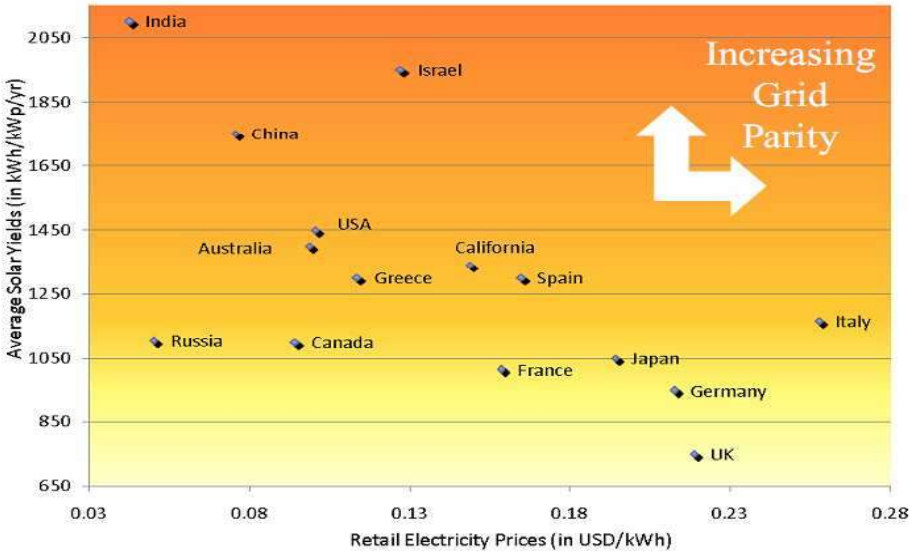


Figure 9 : Ecart à la parité de grille dans différents pays, en fonction de l'ensoleillement et du prix de l'électricité. (source : Global Green USA)

Géothermie : d'importants financements nécessaires pour un déploiement à grande échelle

Alberto Pimpinelli (secteur Physique et Nanomatériaux - Houston)

La géothermie représente pour les Etats-Unis une ressource stratégique en vue de réduire la dépendance énergétique du pays vis-à-vis de l'extérieur tout en diminuant leurs émissions de Gaz à Effet de Serre. Recensée comme la quatrième source d'énergie renouvelable aux Etats-Unis, la géothermie a généré plus de 14 885 GWh en 2007, soit 4% de l'électricité produite à partir de renouvelables. Leader sur la scène internationale en terme de capacité installée (2 687 MW), les Etats-Unis disposent par ailleurs du plus grand complexe industriel géothermique - « Geysers » - dont la capacité avoisine les 725 MW. Actuellement, l'énergie géothermique est exploitée sur 21 Etats via 103 projets distincts, la Californie disposant des 2/3 de la capacité géothermale du pays.

Un potentiel important

Dans sa recherche continuelle de nouvelles sources d'énergie, le « Department of Energy » (DoE) a dressé avec le « Massachussetts Institute of Technology » (MIT) un bilan des possibilités offertes par une exploitation industrielle de la géothermie (http://geothermal.inel.gov/).

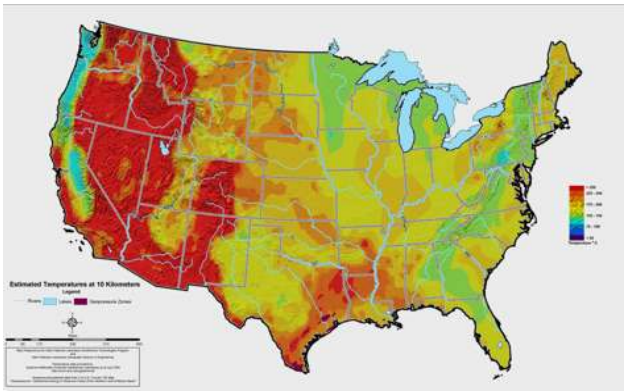


Figure 10 : Températures estimées à une profondeur de 10 km (source : INL)

Les ressources géothermales accessibles avec les technologies actuelles sont nombreuses et vont des procédés d'utilisation classique tels que les systèmes hydrothermaux convectifs à basse énergie, jusqu'aux ressources de type EGS - Enhanced Geothermal Systems (principalement dans les états de l'Ouest américain) et aux systèmes à conduction dans les formations rocheuses sédimentaires profondes présentes sur l'ensemble du territoire. Les auteurs du rapport estiment à plus de 13 millions d'exajoules (EJ) le total des ressources EGS. Par ailleurs, cette étude évalue la quantité d'énergie exploitable d'origine géothermique à environ 200,000 EJ (environ 6,300 TWh), soit l'équivalent de 2000 ans de consommation d'énergie primaire aux Etats-Unis. L'amélioration des technologies existantes pourrait même augmenter ce chiffre d'un facteur 10.

Des financements conséquents attribués au cours de l'année 2009

La géothermie a bénéficié de crédits fédéraux importants ces dernières années, notamment grâce à l'« Energy Policy Act » de 2005. Ces crédits, jusqu'alors réservés à l'industrie éolienne et visant à inciter les différents états à adopter les « Renewables Porfolio Standard », ont par ailleurs servi de déclencheur à l'échelle des états fédérés pour un certain nombre de projets géothermiques.

Convaincu de la nécessité de mettre en place un nouveau mix énergétique et du potentiel de la géothermie, le Président Barack Obama a récemment attribué des fonds importants pour la recherche et le développement de nouvelles technologies dans le secteur de la géothermie. Ainsi, en février 2009, l' « American Recovery and Reinvestment Act »[6] destinait 400 millions de dollars à dépenser sous deux ans

[6] Plan de relance

pour le programme "Geothermal Technologies Program" (GTP) dirigé par l'« Office of Energy Efficiency and Renewable Energy » (EERE) du DoE.

De plus, le Président signait en mars dernier un " Appropriation Ac t" attribuant 1,93 milliards de dollars à l'EERE pour l'année fiscale 2009, dont 44 millions de dollars attribués à la géothermie à travers le GTP. Cette déclaration a par ailleurs été suivi en juin 2009 par l'annonce des résolutions budgétaires pour l'année 2010, celles-ci faisant apparaître une augmentation du budget annuel de l'EERE de 13,6% (soit 50 millions de dollars au total).

A cela s'ajoute la déclaration du « Bureau of Land Management », ce dernier annonçant 305 millions de dollars d'investissements, dont une partie serait directement consacrée à l'énergie géothermale.

Si ces financements apportent un large soutien au développement de la géothermie, ceux-ci restent cependant insuffisants si l'on se réfère aux études réalisées par le MIT/DoE. Selon leurs résultats, 300 à 400 millions de dollars d'investissements sur 15 ans seraient nécessaires pour rendre compétitives, sur le marché de l'énergie, les installations de centrales géothermiques de première génération. D'autre part, les experts du DoE restent convaincus qu'un investissement d'environ 1 milliard de dollars sur 15 ans permettrait un déploiement commercial de la géothermie par la production de 100 GW en 2050. Ce montant, quoique inférieur au coût d'une seule centrale à charbon "propre" de nouvelle génération, représente néanmoins la somme de toutes les dépenses R&D en géothermie à l'échelle internationale au cours de ces 30 dernières années.

Le DoE donne la priorité au développement de la technologie EGS

La recherche en géothermie est centralisée au sein du DoE par l'EERE, en charge du programme GTP. Le GTP est un programme de R&D, prévu de 2009 à 2015, avec des activités se prolongeant jusqu'en 2025. Si 21 états utilisent directement la géothermie au moyen de procédés conventionnels (système hydrothermaux convectifs), seul 7 états exploitent actuellement le système EGS.

Selon les résultats de l'enquête du DoE/MIT, l'utilisation de la technique dite des Systèmes Géothermaux Stimulés (Enhanced Geothermal Systems, EGS), autrement appelés géothermie à haute énergie ou géothermie privilégiée (qui exploite des sources hydrothermales très chaudes, ou des forages très profonds où l'eau est injectée sous pression dans la roche) permettrait de fournir 100 GW dans les 50 prochaines années.

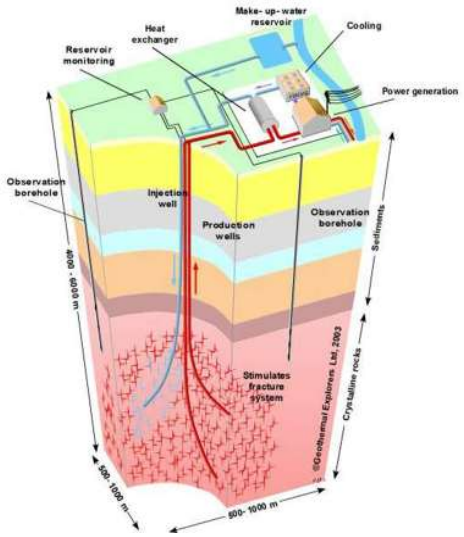


Figure 11 : Schéma d'utilisation d'un Système Géothermal stimulé (source : V. Goebel)

Dans cette optique, le DoE a clairement annoncé sa volonté d'axer ses nouveaux programmes de recherche sur les technologies EGS, comme en témoignent les crédits alloués dans le cadre des résolutions budgétaires pour l'année 2010 et des fonds attribués par l'« American Recovery and Reinvestment Act » de février 2009 (80 millions de dollars). Les industriels déplorent cependant cette focalisation sur l'EGS par opposition aux systèmes hydrothermaux convectifs, ces derniers nécessitant eux aussi des avancées technologiques pour un déploiement à grande échelle.

Quelques acteurs clés sur la scène américaine

Servant de référence à l'échelle fédérale en termes de centre de recherche en géothermie, le « Idaho National Engineering & Environmental Laboratory » (INEEL) a pour objectif de rendre l'énergie géothermale compétitive sur le marché américain. Cette structure travaille étroitement avec le DoE ainsi que le NREL (National Renewable Energy Laboratory – Colorado).

Egalement actif dans le domaine de la géothermie, le « Geothermal Laboratory » de la « Southern Methodist University » (SMU) à Dallas (Texas) travaille entre autre à établir une cartographie des flux de chaleur dans le sous-sol nord-américain, un projet qui a récemment reçu le soutien de Google à hauteur de 500 000 dollars. Cette enveloppe s'inscrit ainsi dans le cadre d'une vaste campagne visant à apporter une aide financière (de 10 millions de dollars) aux compagnies de forage travaillant au développement des technologies EGS.

Dans l'Est et le Sud-ouest des Etats-Unis, les ressources géothermales sont principalement des sources d'énergie à basse température dans des roches sédimentaires et cristallines. Le Virginia Tech Geological Sciences Regional Geophysics Laboratory est l'un des centres où l'on étudie ces sources géothermales.

Bioénergies et biocarburants : une politique volontariste pour concrétiser des objectifs ambitieux

Adèle Martial et Lila Laborde (secteur Agronomie - Chicago)

La promotion de l'indépendance énergétique associée à la volonté d'un soutien actif au secteur agricole étant au cœur des enjeux de la politique américaine, les initiatives pour le développement des bioénergies ont connu un engouement sans précédant ces dernières années. A cela s'ajoute la prise de conscience de la nécessité d'un développement durable en réponse aux défis du changement climatique de la planète et de la crise économique actuelle. Parmi les filières énergétiques renouvelables (géothermie, éolien, photovoltaïque, hydraulique), les bioénergies produites à partir de la biomasse (biocarburants, hydrogène, chaleur et électricité) sont fortement privilégiées par les autorités américaines pour apporter une réponse significative à ce double enjeu.

Les Etats-Unis dominateurs dans le contexte mondial avec l'éthanol-maïs

La part de la bioénergie dans l'offre mondiale d'énergie est de l'ordre de 10%. Elle concerne pour l'essentiel la biomasse non transformée utilisée dans la consommation directe traditionnelle, mais la bioénergie "commerciale" gagne rapidement en importance. Le potentiel global des bioénergies est donné au final par la quantité totale d'énergie produite sur la planète par photosynthèse. L'énergie totale accumulée par les végétaux est de l'ordre de 75 000 Mtep/an, soit 6 à 7 fois le montant actuel de la demande énergétique mondiale.

Le secteur qui a connu la plus grande croissance en termes de bioénergies ces dernières années est celui des biocarburants liquides, éthanol et biodiésel pour le transport, obtenus à partir de matières premières agricoles. L'éthanol représente 85% de la production mondiale de biocarburants liquides, les deux principaux producteurs étant les Etats-Unis et le Brésil, avec 90% de la production totale. Ces biocarburants, dits de première génération, renvoient aux cultures énergétiques à forte teneur en sucre et en amidon (maïs, canne à sucre) ainsi qu'aux oléagineux (colza, palme) utilisés respectivement comme matières premières dans la production d'éthanol et de biodiésel.

L'impact des politiques publiques, principaux leviers d'action pour le développement

Les Etats-Unis sont devenus les principaux producteurs mondiaux de bioénergies avec une multiplication par quatre de la production d'éthanol depuis 2000 (48% de la production mondiale en 2007) et une augmentation notable de la production de biodiésel, insignifiante en 2000, et qui a atteint 1,66 milliards de litres en 2007 (soit près de 15% de la production mondiale).

Cette impulsion a été donnée par le cadre réglementaire défini entre 2002 et 2007, qui a permis la croissance spectaculaire de la filière bioéthanol, tirée par la demande pour un carburant de remplacement, dans un contexte de prix élevé du pétrole. La production de biocarburants a créé de nouveaux débouchés pour les grandes cultures du Midwest américain. La filière maïs-éthanol a dès lors bénéficié de subventions locales et de soutiens fédéraux considérables pour promouvoir la construction de bio-raffineries en milieu rural (avec plus de 140 bio-raffineries en activité).

L'adoption de l'Energy Policy Act de 2005, qui représente plus de $1,2 milliards avec le concours de l'industrie, est considérée comme le pilier de la politique énergétique américaine. Cet ensemble de lois

comprend un arsenal d'incitations fiscales : crédits d'impôts à la production d'éthanol (13,5c/litre sur l'éthanol initialement jusqu'en 2010 et étendu à 2013 depuis cette année) et de biodiésel, subventions et dispositifs de prêts pour la production de matières premières agricoles (maïs, soja) et détermination d'un seuil obligatoire de production de biocarburants. Le Renewable Fuels Standard (RFS) qui visait un volume minimum de biocarburants produit dans le pays à 28,4 milliards de litres d'ici 2012, a été revu à la hausse dans le cadre de L'Energy Independance and Security Act voté en 2007, avec 136 milliards de litres à l'horizon 2022, dont 60 milliards seraient à terme produits à partir d'éthanol cellulosique.

L'American Recovery and Reinvestment Act de 2009 vise aujourd'hui à donner un nouvel élan aux programmes dédiés aux énergies renouvelables, avec un budget total de $2,5 milliards, dont 800 millions pour des projets visant des technologies utilisant la biomasse. Des prêts d'une enveloppe globale de $500 millions seront également octroyés pour le développement d'unités commerciales de production de biocarburants et de bio-raffineries intégrées exploitant des technologies innovantes.

De nombreux Etats fédérés se sont également mobilisés pour soutenir l'effort sans précédent réalisé au niveau fédéral à travers des investissements financiers (Iowa, Oklahoma, Géorgie, New-York, Tennessee) et des politiques incitatives et mesures fiscales (Oregon, Minnesota, Californie, Floride) visant des objectifs de production et de commercialisation définis à l'échelle régionale. Parmi la multitude d'incitations spécifiques à chaque Etat fédéré, le Minnesota dispose de l'arsenal le plus complet (mandat d'incorporation obligatoire, incitation à la production, incitation à la distribution et détaxation partielle du carburant E85...).

La nécessaire prise en compte d'une perspective durable

Cette politique d'incitation très forte a conduit à un développement très rapide de la filière des biocarburants et notamment du maïs-éthanol. La capacité actuelle de production est de l'ordre de 44,3 milliards de litres soit 30% de la production américaine de maïs (une tonne de maïs permettant l'obtention de 375 litres d'éthanol). Le marché a progressé de 34% en 2008, permettant la création de 240 000 nouveaux emplois.

Malgré ces réelles opportunités économiques, les biocarburants actuels de 1ère génération ne répondent pas aux exigences d'une source d'énergie durable, à savoir : être économiquement compétitive particulièrement au regard des carburants fossiles, fournir un gain énergétique net, présenter des bénéfices environnementaux (empreinte carbone, consommation d'eau) et pouvoir être produite en grandes quantités sans réduire l'offre alimentaire. Les impacts négatifs sur l'agriculture et la sécurité alimentaire (partage des cultures de 50% pour le sucre de canne au Brésil, de 30% pour le maïs aux Etats Unis et de 60% pour le colza en Europe) sont d'ores et déjà mesurables, comme le montrent plusieurs études réalisées au niveau international.

Des questions importantes en terme d'impact économique et environnemental se posent avec acuité : modification des surfaces de production, changement d'usage des sols, augmentation de la productivité avec des répercussions sur l'érosion des sols et ressources en eau, impacts sur les marchés de l'alimentation humaine et animale et qui, finalement s'avère être une source limitée puisque la transformation de toute la production de maïs ne remplacerait qu'à peine 15% de la consommation d'essence du pays sachant que 70% du marché américain de l'essence intègre aujourd'hui de l'éthanol dans sa composition.

Les agro-carburants produits à partir de cultures vivrières ne peuvent être considérés que comme une phase transitoire, un tremplin, dans l'attente de la mise au point de biocarburants cellulosiques et « avancés », obtenus à partir de matières premières alternatives.

Dans ce contexte, la stratégie américaine cible la transition de l'éthanol-maïs vers l'éthanol cellulosique pour en partie lever la tension exercée sur l'approvisionnement alimentaire; à titre d'exemple, le prix du maïs (contrats à terme du maïs au Chicago Board of Trade) a augmenté de 75% sur la période d'août 2006 à mars 2007. Par ailleurs, ces biocarburants du futur auraient un potentiel de réduction de plus de 80% des rejets de gaz à effet de serre et permettraient de minimiser considérablement l'empreinte écologique.
L'effort de recherche et développement à réaliser reste considérable puisqu'à peine 1% de l'éthanol produit

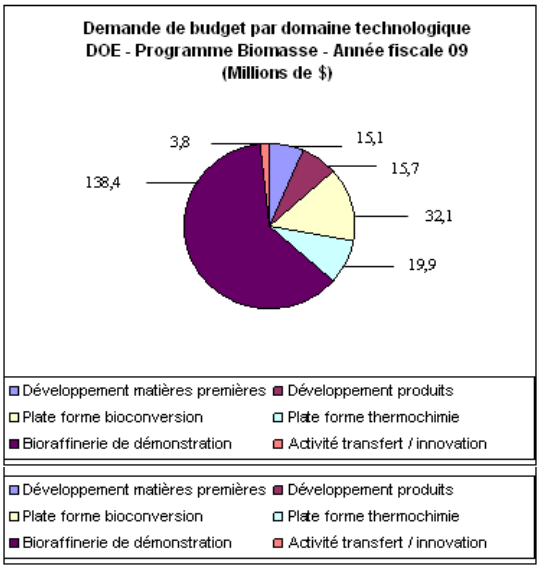
est d'origine cellulosique.

De grandes initiatives qui visent à capitaliser les ressources et les compétences

Le potentiel de biomasse encore mobilisable pour l'énergie est constitué par la partie lignocellulosique de la biomasse (paille, cultures dédiées annuelles ou pérennes telles que les graminées, le bois, notamment les espèces ligneuses à rotation rapide telles que le saule, l'eucalyptus) et les déchets organiques (évalués à 1,3 milliards de tonnes par an par le Department of Agriculture, USDA) dont la conversion industrielle n'est pas encore maîtrisée d'un point de vue scientifique et technologique. Une source prometteuse de biocarburants réside dans les algues, qui pourraient produire de 4 500 à 37 000 L d'huile par acre (182 L/acre à partir de soja) avec le bénéfice supplémentaire de pouvoir consommer du CO_2.

Les efforts de recherche et développement en cours ciblent cinq axes principaux:

- la production et la mobilisation de la ressource en biomasse
- la conversion de la biomasse par voie biologique : pré-traitement, hydrolyse enzymatique de la cellulose et fermentation des sucres. Les deux verrous majeurs résident dans l'efficacité de l'hydrolyse enzymatique et les rendements de conversion des pentoses issus de la fraction hémicellulosique
- la conversion de la biomasse par voie thermochimique
- les procédés de production : bioingénierie et notamment la question de la logistique
- l'évaluation socio-économique et l'impact environnemental avec la prise en compte des aspects réglementaire et juridique.



Développement matières premières
Développement produits
Plate forme bioconversion
Plate forme thermochimie
Bioraffinerie de démonstration
Activité transfert / innovation

Figure 12 : Source : DoE – Biomass Program

Les programmes mobilisateurs en cours

Afin de répondre à ces objectifs de recherche et de développement, trois "Bioenergy Research Centers" qui sont des consortia d'universités (18), de laboratoires nationaux et de compagnies privées ont été constitués avec un appui financier de 125 millions de $ sur 5 ans : le Bioenergy Science Center dont le chef de file est Oak Ridge National Laboratory (Tennessee), le Great Lake Bioenergy Research Center piloté par l'Université de Wisconsin (Madison, WI), et le Joint BioEnergy Institute, piloté par le Lawrence Berkeley

National Laboratory (Californie).

En parallèle, et à l'instar du secteur pétrochimique, le développement de bioraffineries de taille pilote cofinancées par le secteur privé et adossées à des laboratoires nationaux du Department of Energy, DoE, (4 projets en cours) a été initié.

Enfin, dans le cadre du « Biomass Program », un plan d'investissement pluriannuel du DoE d'1 milliard de dollars (2007-2011, 385 millions de $/an en partenariat avec des industries) est en cours pour l'installation de six unités d'éthanol cellulosique d'échelle commerciale - Abengoa (Kansas), POET (Sioux Falls, South Dakota) , Verenium (Cambridge, MA), Lignol Energy Corporation (Colombie britannique), Alico (Floride), BlueFire Ethanol (Irvine, Californie du Sud), Iogen Biorefinery partners (Idaho) et Range Fuels (Soperton, Géorgie) - qui devraient être opérationnelles en 2010 avec une capacité de traitement de plus de 700 tonnes/jour de matières premières telles que fibres de maïs, paille de blé, *switchgrass*, bagasse et résidus de la filière bois.

Le soutien à la création des infrastructures est appuyé par le financement de programmes de recherche qui se déclinent en appels à projets annuels de l'ordre de 40-50 millions de dollars, portés par le DoE (Genomics-GTL), l'USDA, l'USDA-DoE (Biomass Research & Development Initiative), l'USDA-Cooperative State Research Education and Extension Service (National Research Initiative).

Un investissement massif en vue de lever les verrous technologiques

Les programmes soutenus par la nouvelle administration allient la R&D, les démonstrations techniques et les applications commerciales pour les bioénergies. Ils s'adressent aux installations de production d'énergie d'origine biologique, de biocarburants, de bioproduits et de bioraffineries. L'USDA partage totalement cette compétence avec le DoE et les grandes initiatives du gouvernement fédéral sont aujourd'hui interministérielles.

Dans ce contexte fortement incitatif, le budget 2009 du DoE voit une augmentation de 16,2% en faveur de programmes pour l'efficacité énergétique, les énergies renouvelables et les nouvelles sources de biomasse ($400 millions). Avec le soutien apporté par le Plan de relance (février 2009), ces programmes prioritaires vont bénéficier d'un budget total de près de $4 milliards.

Un plan de 786 millions de dollars a été annoncé en 2009, pour accélérer les avancées en matière de R et D et fournir des fonds supplémentaires afin de mener à bien les différentes phases liées à la commercialisation des biocarburants et bio-produits issus de bioraffineries. Ainsi, $480 millions sont destinés aux projets de bio-raffineries pilotes de démonstration, pour la production intégrée de biocarburants, de bioproduits, de chaleur et d'électricité transposable à l'échelle commerciale. L'objectif est de répondre aux exigences du « Federal Renewable Fuel Standards »; $176,5 millions pour accélérer les projets en cours, la construction et l'exploitation, de bioraffineries à l'échelle commerciale et abaisser le risque financier; $110 millions en appui aux programmes de recherche fondamentale pour la mise en place d'un pilote intégré de recherche, le développement de programmes de recherche innovants sur les catalyseurs enzymatiques, microbiens et les sources de matière premières ; $20 millions pour les études d'optimisation de l'utilisation de l'éthanol comme biocarburant (véhicules flex-fuel…) en complément d'un programme de subventions de $200 millions destiné à l'installation d'infrastructures de distribution.

Du côté de l'USDA, $155 millions sont dédiés, dans le cadre du Farm Bill 2008 au développement et à la commercialisation de biocarburants de seconde et de troisième génération incluant l'éthanol cellulosique, le biodiésel, le biogaz et l'électricité. L'effort de recherche porte principalement sur le développement d'une filière économiquement viable de fourniture et de transformation de matières premières.

La priorité de la nouvelle administration est sans conteste de transférer rapidement les nouvelles technologies vers des filières de transformation et de distribution. La stratégie s'affine en vue de mutualiser

les efforts, d'améliorer le fonctionnement synergique de l'ensemble des acteurs, de faire converger les différentes initiatives à travers la création de consortia public/privé, à l'exemple des consortia sur les biocarburants produits à partir d'algues, consortia pour des innovations technologiques en matière d'infrastructure pour les biocarburants...

« Beyond second generation biofuels » : quelles perspectives?

Au cœur de cet engouement général, de nombreuses questions subsistent quant à la viabilité de la filière des bioénergies et notamment de l'éthanol cellulosique : dans quels délais la production deviendra-t-elle commercialement rentable? Quels investissements seront nécessaires pour dépasser les obstacles en termes de R&D et de réglementation, comment gérer les matières premières agricoles (encombrantes) et les nouveaux sites de production ?...

La production de bioénergie ne réduira vraisemblablement pas la dépendance énergétique des Etats-Unis de manière substantielle à moins que des avancées technologiques importantes ne soient réalisées, notamment dans la perspective de la 3ème génération de biocarburants (faisant appel à de nouvelles approches telles que biologie synthétique...). Des ajustements sont en cours afin de focaliser les moyens scientifiques et financiers au plus près des priorités, à savoir de nouvelles technologies de production faisant appels à des approches pluridisciplinaires.

Il ressort de la plupart des projections réalisées que, comparativement aux carburants de première génération ou à ceux tirés du pétrole, les bioénergies produites à partir des cultures pérennes, ou de résidus ligneux et agricoles permettront de réduire substantiellement les émissions de gaz à effet de serre sur l'ensemble du cycle de vie. Elles pourraient offrir des perspectives complètement nouvelles au regard de leur implication pour l'agriculture et la sécurité alimentaire.

La Californie, état leader dans le domaine des énergies renouvelables

Mireille Guyader et Camille Arnaud (Secteur Biologie – Los Angeles)

Un objectif : générer 1/3 de son électricité à partir des renouvelables d'ici 2020

La Californie est la 8ème puissance économique du monde. En 2007, 14% de son électricité produite provenaient de sources d'énergies renouvelables (cf. fig13). S'appuyant sur différents programmes visant à diversifier ses sources d'énergies et à réduire son empreinte environnementale, l'état espère générer un tiers de son électricité à partir de sources renouvelables d'ici 2020.

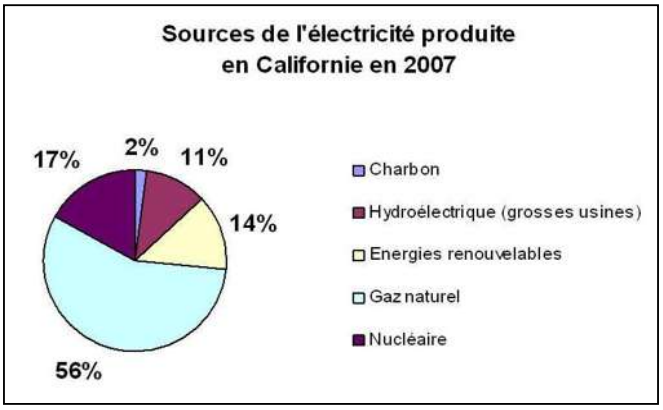


Figure 13 : Sources de l'électricité produite en Californie en 2007 (source : California Energy Commission, 2007 Net System Power Report – Final Adopted Commission Report, publication number CEC-200-2008-002-CMF, EIA, OFER and SB 105 Reporting Requirements)

La prise de conscience des Etats-Unis de la nécessité de développer des énergies renouvelables débute dans les années 1970, lorsque la crise pétrolière souligne la dépendance de la nation vis-à-vis des pays exportateurs d'énergies fossiles. Des crédits d'impôts provenant de l'Etat fédéral et de l'Etat de la Californie sont alors mis en place pour aider à l'établissement d'une nouvelle industrie solaire et éolienne. Depuis lors, l'état californien a diversifié son bouquet énergétique en incluant la géothermie, la biomasse et en développant l'hydroélectricité.

Ses nombreuses initiatives et ses objectifs ambitieux font de la Californie un état leader sur la scène politique des Etats-Unis ainsi que sur le plan international.

Une réglementation et des outils à la hauteur de ses ambitions

En 2002, la Californie a adopté la réglementation « Renewable Portfolio Standard », imposant initialement la production de 20% de son électricité à partir de renouvelables d'ici 2017. L'Etat a successivement augmenté ce seuil et a fixé en 2008 l'objectif de 33%, à atteindre d'ici 2020 (executive order S-14-08).

Deux agences d'état se partagent la réglementation des énergies renouvelables : la California Public Utilities Commission (CPUC – http://www.cpuc.ca.gov/puc/) et la California Energy Commission (CEC – http://www.energy.ca.gov/). Elles ont notamment en charge la direction du projet « Go Solar California », une initiative impulsée par l'adoption en 2006 de la loi « Million Solar Roof Plan ». Disposant d'un budget de près de 3,3 milliards de dollars sur 10 ans, ce programme vise à installer une capacité solaire de 3 000 MW d'ici 2016.

De plus, la CEC dispose de programmes dont l'objectif est de stimuler le marché des renouvelables, d'augmenter la compétitivité des structures génératrices ainsi que d'informer et de conseiller le grand public.

Un large éventail d'énergies renouvelables

Profitant de ses abondantes ressources naturelles, de son climat et de sa localisation géographique, et s'appuyant sur de nombreux programmes de R&D, la Californie exploite un très large panel d'énergies renouvelables (Cf. fig. 14).

La géothermie : source de 46% de l'énergie électrique issue des renouvelables

Actuellement l'état californien dispose des 2/3 de la capacité géothermale des Etats-Unis. Avec ses 25 zones identifiées (dont 14 de hautes températures) et ses 43 usines, elle a une capacité installée de 1800 MW.

Depuis 1981, la CEC fournit une aide technique et financière au développement de l'énergie géothermale.

L'éolien : source de 20% de l'énergie électrique issue des renouvelables

Récemment supplantée par le Texas et l'Iowa en terme de capacité installée, la Californie reste néanmoins le premier état à avoir développé le secteur de l'éolien, en construisant plusieurs grandes fermes dès les années 80. En 2007, l'état disposait d'une capacité de près de 2 500 MW. 3 grandes fermes éoliennes (Altamont Pass, Tehachapi et San Gorgonio) se répartissent 95% de la production d'électricité d'origine éolienne.

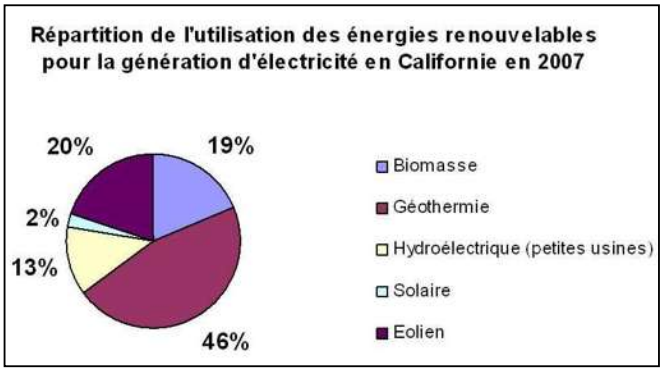


Figure 14 : Répartition de l'utilisation des énergies renouvelables pour la génération d'électricité en Californie en 2007
(source : California Energy Commission, 2007 Net System Power Report Final Adopted Commission Report, publication number CEC-200-2008-002-CMF, EIA, QFER and SB 105 Reporting Requirements)

La biomasse : source de 19 % de l'énergie électrique issue des renouvelables

Près de la moitié des déchets générés en Californie (au total 85,2 millions de tonnes) sont utilisés pour produire de l'énergie. En 2007, 6 200 GWh ont été produits à partir de la biomasse.

Souhaitant favoriser l'utilisation de la biomasse pour la production de biocarburants et la génération d'électricité, le Gouverneur de Californie (Office of the Governor – http://gov.ca.gov/) a signé en 2006 un décret qui impose à l'état la production locale de 20% de ses biocarburants d'ici 2010, 40% d'ici 2020 et 75% d'ici 2050 (executive order S-06-06). De plus, celui-ci fixe à 20% la part d'électricité renouvelable d'origine biomasse d'ici 2010.

Le « California's Bioenergy Action Plan », signé en juillet 2006, a pour objectifs de doper le marché des bioénergies, de coordonner les projets de R&D menés au sein des différentes agences gouvernementales et de développer les réglementations dans le domaine des bioénergies.

L'hydro-électricité : source de 13% de l'énergie électrique issue des renouvelables

La Californie dispose d'une capacité hydroélectrique de 14 000 MW, répartie sur 400 usines situées en majeure partie dans les montagnes de l'est.

Le solaire : source de 2 % de l'énergie électrique issue des renouvelables

Si le solaire constitue une très faible part de l'énergie consommée en Californie, l'ensoleillement de la région et les aides réglementaires dont bénéficient les industries, font de l'énergie solaire une alternative extrêmement intéressante face aux sources traditionnelles.

Les « Solar Electricity Generating Systems » (SEGS), situés dans le désert de Mojave constituent la plus grande industrie solaire au monde. 7 fermes solaires, présentant une capacité totale de 354 MW sont localisées sur 2 sites dans le désert de Mojave : SEGS III-VII sur Kramer Junction, SEGS VIII-IX à Harper Lake et Barstow.

Bibliographie

Innovation :

- The Money Tree Report, 2009, PricewaterhouseCoopers, pour la National Venture Capital Association

- Global Trends in Sustainable Energy Investment, UN Environment Programme's (UNEP) Sustainable Energy Finance Initiative, 2009

- Green Investing : Towards a Clean Energy Infrastructure, World Economic Forum, 2009

Brevets :

- Bases de données de brevets Thomson Reuters (http://www.delphion.com/)

Smart Grid :

- " The Smart Grid : an Introduction ", [DoE] http://www.oe.energy.gov/smartgrid.htm

- " Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards ", [NIST] http://www.nist.gov/smartgrid/

- Crédits des illustrations
Page 14 (smart-grid) : carte issue de la superposition de deux documents

(1) Energy Information Administration (http://www.eia.doe.gov/cneaf/electricity/chg_stru_update/fig7.html)

(2) Global Energy Network Institute (http://www.geni.org/globalenergy/library/energy-issues/unites%20states/graphics/USA_grid.gif)

Eolien :

- Site internet de l' « American Wind Energy Association » http://www.awea.org/

Comprenant notamment les études suivantes:

- 20% Wind Energy by 2030
http://www.awea.org/pubs/factsheets/20percent_Wind_factsheet.pdf

- AWEA Annual Wind Industry Report, Year Ending 2008
http://www.awea.org/publications/reports/AWEA-Annual-Wind-Report-2009.pdf

- Wind Energy and U.S. Subsidies
http://www.awea.org/pubs/factsheets/Subsidies_Factsheet.pdf

- Rapport: "20% Wind Energy by 2030 – Increasing Wind Energy's contribution to U.S. Electricity Supply. (07/08). Department of Energy. http://www1.eere.energy.gov/windandhydro/pdfs/41869.pdf

- Annual Energy Review 2008. (07/09). Energy Information Administration. http://www.eia.doe.gov/emeu/aer/pdf/aer.pdf

Energie solaire :

- Greentech in Detail : “ Solar Power Services : how ppas are changing the Pv value Chain “, Jon Guice, John D.H. King, 14/02/08

- Scientific American : “ A grand plan for solar energy : By 2050 it could be free the U.S. from foreign oil and slash greenhouse emission ”, Ken Zweibel, James Mason, Vasilis Fthenakis, Janvier 2008

- Nature Photonics Technology focus ” Photovoltaics ”, Mai 2008

- Envision : “ Global PV Industry Development since 15 years “, Daniel Ruoss , 19/07/07

- Le journal du CNRS n°226 - Novembre 2008 : " Energie quels choix pour demain ? "

- “ World PV Industry Report Summary ”, 16/03/09
http://www.solarbuzz.com/Marketbuzz2009-intro.htm

- Science et Vie n°1086 – Mars 2008 : “ Le d ossier noir des énergies vertes ”

- Bay Area Science and Innovation Consortium : “ Innovative Energy Solutions from the San Francisco Bay Area : Fueling a clean Energy Future ”, Juin 2007

- GCEP Research Symposium 2007 : “ Facing Our Energy Future in a New era of Science ”, Patricia M. Dehmer, 1/10/07
http://www.science.doe.gov/bes

- RESEAU SOL(ID)AIRE DES ENERGIES ! : " RISING SUN : The Sunshine Economy ", ADIT, Août 2007
http://resosol.org/SolPV/rising-sun.html

- “ Renewable Energy Consumption and Electricity Preliminary 2007 Statistics ”, Mai 2008
http://www.eia.doe.gov/fuelrenewable.html

Géothermie :

- The Future of **Geothermal Energy** – Impact of Enhanced Geothermal Systems (EGS) on the United States in the 21st Century, January 2007 — 14.1MB (This document is out of print and the Idaho National Laboratory no longer has printed copies. This electronic PDF version is the only version of the document available from the Idaho National Laboratory.)
http://geothermal.inel.gov/publications/future_of_geothermal_energy.pdf

- US DoE, Geothermal Technologies Program
http://www1.eere.energy.gov/geothermal/

- Southern Methodist University, Geothermal Laboratory
http://smu.edu/geothermal/

Bioénergies et Biocarburants :

- “ The state of food and agriculture 2008 : Biofuels : prospects, risks and opportunities ”
Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
http://www.fao.org/catalog/inter-e.htm

- “ Agriculture-based renewable energy production “, Randy Schnepf, 2006
Bibliothèque du Congrès, Service de Recherche du Congrès, rapport CRS RL32712

- “ Secretary Chu announces recovery acts funds to accelerate biofuels research and commercialisation ”, U.S. Department of Energy, May 2009
http://www.energy.gov/news2009/7375.htm

- “ National Biomass Action Plan ”, the Biomass Research and Development Board, October 2008
http://www1.eere.energy.gov/biomass/pdfs/nbap.pdf

- “ Building a sustainable energy future ”, National Science Foundation
http://www.nsf.gov/nsb/publications/2009/comments_se_report.pdf

La Californie, état leader dans le domaine des énergies renouvelables :

- California Energy Commission
(http://www.energy.ca.gov/)

- California Public Utilities Commission
(http://www.cpuc.ca.gov/puc/)

- Office of the Governor
(http://gov.ca.gov/)